

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



Tomáš Janík

SOUČASNÁ DYNAMIKA KRAJINY NP ŠUMAVA

Recent landscape dynamics of the Šumava NP

Diplomová práce

Praha, srpen 2016 Vedoucí diplomové práce: RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval sám a že jsem všechny použité prameny řádně citoval. Tato práce ani její podstatná část nebyla použita k získání jiného akademického titulu.

V Praze dne 2. 8. 2016

.....

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji RNDr. Dušanovi Romportlovi Ph.D. za vynaložené úsilí a odborné vedení práce. Rodičům a mé milované za podporu a trpělivost během psaní práce.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název práce:

Současná dynamika krajiny NP Šumava

Recent landscape dynamics of the Šumava NP

Klíčová slova:

krajinný pokryv - disturbance - lesnický management - model vývoje

Cíle práce:

- rešerše problematiky změn krajinného pokryvu lesnatých NP střední Evropy
- zpracování databáze změn krajinného pokryvu NP Šumava od r. 2006 do současnosti
- identifikace hlavních kategoriálních změn krajinného pokryvu (land cover flows)
- analýza vlivu přírodních podmínek a lesnického managementu na vývoj krajinného pokryvu
- návrh lesnické managementové mapy NP Šumava
- navržení modelu krajinného vývoje bezzásahových území v NP Šumava

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Rešerše dostupné literatury zabývající se problematikou změn krajinného pokryvu rozsáhlých chráněných území v temperátním pásu Evropy. Zpracování databáze změn krajinného pokryvu nad klasifikovanými ortofoty od r. 2006 do současnosti (data poskytl Správa NP a CHKO Šumava). Identifikace hl. typů změn krajinného pokryvu - tzv. Land Cover Flows a následná analýza vlivu přírodních podmínek a lesnického managementu na dynamiku land cover (metody vícerozměrné analýzy). Navržení lesnické managementové mapy pro území NP Šumava na základě aktuálního stavu přírodních podmínek a současné dynamiky lesních ekosystémů. Navržení modelu krajinného vývoje bezzásahových území v rámci NP Šumava.

Datum zadání:

20. 11. 2014

Podpis studenta

Bc. Tomáš Janík

Podpis vedoucího práce

RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Podpis vedoucího katedry

ABSTRAKT

Disturbance představují procesy, které mění krajinu (Bengtsson et al., 2003). V případě horských oblastí střední Evropy se jedná především o větrné disturbance lesních ekosystémů (Bengtsson et al., 2003; Brůna, 2013; Čada, 2013; Fischer et al., 2002; Matějka, 2013), a následné přemnožení hmyzích škůdců, nejčastěji lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) (Janda et al., 2014).

Podle takového scénáře se měnila krajina i na území NP Šumava v letech 2006 – 2012. Cílem předkládané práce bylo s ohledem na proběhlé disturbance analyzovat pomocí tzv. *land cover flows* proběhlé změny v krajinném pokryvu. *Land cover flows* popisují, jaký krajinný pokryv se mění v který a kvantifikují rozsah procesu (Martinez-Fernandez et al., 2015). Byly vytvořeny vrstvy za jednotlivé časové horizonty (jeden za každý rok) zaznamenávající změny převážně v lesnaté krajině. Tyto rastrové vrstvy krajinného pokryvu klasifikovaného do 14 kategorií vstupovaly do analýzy v extenzi Land Change Modeler for ArcGIS (Clark Labs, 2015). Stanoveny byly hlavní *land cover flows* a ty dále procházely analýzou v pěti různých prostorových rámcích pro hlubší pochopení rozšíření změn krajinného pokryvu podle daných podmínek.

V důsledku orkánu Kyrill v roce 2007, vznikly plochy *polomů* (4,73 km²), převážně z již *poškozeného lesa* (3,07 km²). Od roku 2008 začal dominovat nejvýraznější proces úbytku *jehličnatého lesa* (z 56,55 % na 48,27 % rozlohy NP), který se proměňoval zejména v bezzásahových oblastech na *suchý stojící les*. V části NP s možností lidských zásahů v průběhu celého sledovaného období přibývaly (ale méně než *suchý stojící les*) *holiny* a *holiny s hmotou*. Tyto změny se sice šířily dále do českého vnitrozemí, na druhou stranu distribuce změn vykazovala stabilní prostorový vzorec v rámci hodnotících rámců: dominovala chudší stanoviště severních svahů v nejvyšších polohách parku. Dynamika procesů se zpomalila v posledním meziročním období (2011 – 2012), od kterého bude vhodným předmětem dalšího výzkumu proces obnovy porostů.

ABSTRACT

The disturbances are processes, which change the landscape (Bengtsson et al., 2003). In Central European mountains spruce forest, windthrows and subsequent bark beetle (*Ips typographus*) outbreaks are the most important (Bengtsson et al., 2003; Brůna, 2013; Čada, 2013; Fischer et al., 2002; Matějka, 2013)

This scenario was taking place in the study area – the Šumava National Park between 2006 and 2012. The objective was to analyse changes in the land cover caused by the disturbances. The *land cover flows* were used. The *Land cover flows* describe changes within land cover types: the area of change from one type into another (Martinez-Fernandez et al., 2015). Layers of the land cover for each year were created; they show the changes mostly in forested landscape. These fourteen-land cover types layers were input into analysis in the Land change modeler for ArcGIS (Clark Labs, 2015). The most important *land cover flows* were set and further analysis of evaluation in five spatial frames (Physical – geographical typology, Aspect, Elevation, Ecological conditions, Non-intervention and intervention management) were undergone for deeper knowledge about spatial factors of distribution.

The Kyrill windthrow in 2007 caused a creation of *windfalls* (4.73 km²), predominantly made from *damaged forested area* (3.07 km²). From 2008 the decrease of *coniferous forest* started to dominate (from 56.55 % to 48.27 % of NP area), which changed in non-intervention areas to *dead-standing forest*. In intervention part of the Šumava NP increased the share of (*lesser than dead-standing forest*) *clear-cuts* and *clear cuts with dead wood*. These changes were spread to Czech inland, on the other hand the distribution of changes were stable during the study period: rather northern slopes with poorer stands in the highest places of the NP. The dynamics were slowed down in the last year-on-year period (2011 – 2012). It opens further opportunities for research of forest ecosystems regeneration.

Obsah

1	ÚVOD	10
2	REŠERŠE LITERATURY	12
2.1	Studium dynamiky krajiny	12
2.2	Dynamika krajiny: Evropské horské oblasti	13
2.2.1	Případové studie z evropských oblastí	13
2.2.2	Střední Evropa	14
2.3	Zájmové území	16
2.3.1	Dynamika lesní krajiny a disturbance	16
2.3.2	Charakteristika a management zájmového území	19
2.4	Metodické postupy studia dynamiky krajiny	20
3	METODIKA A DATA	23
3.1	Data	23
3.2	Metodika	24
3.2.1	Identifikace <i>land cover flows</i>	24
3.2.2	Hodnocení změn v prostorových rámcích	25
4	VÝSLEDKY	26
4.1	Vývoj krajinného pokryvu na území NP Šumava v letech 2006 – 2012	26
4.2	Dynamika krajiny: <i>land cover flows</i> 2006 - 2012	30
4.2.1	Dynamika krajinného pokryvu 2006 – 2007	30
4.2.2	Dynamika krajinného pokryvu 2007 - 2008	32
4.2.3	Dynamika krajinného pokryvu 2008 - 2009	32
4.2.4	Dynamika krajinného pokryvu 2009 - 2010	33
4.2.5	Dynamika krajinného pokryvu 2010 - 2011	34
4.2.6	Dynamika krajinného pokryvu 2011 – 2012	35
4.2.7	Zhodnocení: Dynamika krajinného pokryvu 2006 - 2012	35
4.3	Hodnocení změn v jednotlivých geografických rámcích	36
4.3.1	Hodnocení v rámci fyzickogeografické typologie	36
4.3.2	Hodnocení v rámci orientace povrchu	38
4.3.3	Hodnocení v rámci nadmořské výšky podle lesních vegetačních stupňů	39
4.3.4	Hodnocení v rámci ekologických řad	40
4.3.5	Hodnocení v rámci zásahového a bezzásahového území	42
5	DISKUZE	43
5.1	Metodika a Výsledky	43
5.2	Srovnání výsledků: NP Šumava	43
5.3	Management chráněného území: NP Šumava a změny krajinného pokryvu	45
5.4	Srovnání výsledků: NP Bavorský les	46

5.5	Srovnání výsledků: Evropská pohoří	47
6	ZÁVĚR	49
7	SEZNAM LITERATURY	51
8	PŘÍLOHY	56
8.1	Mapy krajinného pokryvu NP Šumava 2006 – 2012	56
8.2	Mapy nejdůležitějších změn krajinného pokryvu NP Šumava 2006 – 2012 ...	64
8.3	Prostorové rámce pro hodnocení změn krajinného pokryvu NP Šumava 2006 – 2012	69

Seznam grafů, obrázků a tabulek

Graf 1: Vývoj podílu zastoupení jehličnatého lesa na území NP Šumava 2006 - 2012. Vlastní zpracování na základě dat Správy NP a CHKO Šumava.	26
Graf 2: Vývoj zastoupení typů krajinného pokryvu na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	28
Graf 3: Vývoj změn méně zastoupených a změnových typů krajinného pokryvu na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	30
Graf 4: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2006 - 2007. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.	31
Graf 5: Polomy - příspěvek ke změně z jednotlivých typů krajinného pokryvu na území NP Šumava 2006 - 2007. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.	31
Graf 6: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2007 - 2008. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.	32
Graf 7: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2008 - 2009. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.	33
Graf 8: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2009 - 2010. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.	34
Graf 9: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2010 - 2011. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.	34
Graf 10: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2011 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.	35
Graf 11: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci fyzickogeografické typologie na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	37
Graf 12: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa na km ² v rámci fyzickogeografické typologie na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	37
Graf 13: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci orientace svahů na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	38
Graf 14: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci lesních vegetačních stupňů na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	39
Graf 15: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa na km ² v rámci lesních vegetačních stupňů na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	40
Graf 16: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci ekologických řad na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	40
Graf 17: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa na km ² v rámci ekologických řad na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	41

Graf 18: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci oblastí s různě uplatňovaným managementem na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.	42
---	----

Obrázek 1: Tabulka souboru lesních typů. Zdroj: ÚHÚL, 2016.	25
Obrázek 2: Fyzickogeografická typologie území NP Šumava. Janík, 2014.....	36

Tabulka 1: Krajinné pokryvy vstupující do analýz. Vlastní zpracování na základě dat Správy NP a CHKO Šumava.	23
Tabulka 2: Vývoj krajinného pokryvu na území NP Šumava v letech 2006 - 2012. Vlastní zpracování na základě dat Správy NP a CHKO Šumava.	29
Tabulka 3: Charakteristiky typů fyzickogeografické typologie. Vlastní zpracování, 2016.	36
Tabulka 4: Rozdělení reliéfu podle jeho orientace. Vlastní zpracování podle dat Správy NP a CHKO Šumava.	38
Tabulka 5: Lesní vegetační stupně na území NP Šumava. Zdroj: Podle Plívy (1987), data Správa NP a CHKO Šumava.....	39
Tabulka 6: Ekologické řady na území NP Šumava. Zdroj: podle Plívy (1987), data Správa NP a CHKO Šumava.	40
Tabulka 7: Rozlišení managementu na území NP Šumava. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.....	42

Použité zkratky

CHKO = Chráněná krajinná oblast

LCM = Land Change Modeler

LVS = Lesní vegetační stupeň

NP = Národní park

1 ÚVOD

Národní park Šumava je společně se sousedním bavorským národním parkem (dále jen NP) největším územím divočiny ve střední Evropě (Křenová, Hruška, 2012). Celé území pohoří zasahuje kromě Česka a Německa také do Rakouska, chráněno jako NP je pak v prvních dvou jmenovaných zemích. Už jen rozlohou zalesněné krajiny se vymyká běžnému měřítku dnešní střední Evropy. Pro Šumavu jsou v posledních několika stoletích typické dalekosáhlé ekologické i společenské změny. Do jejího utváření, stejně jako do utváření krajiny obecně, promlouvají zásahy člověka a působení přírodních procesů. V současné době je legislativně vymezeno, jak by se měla krajina v NP vyvíjet. Na zájmovém území se uplatňuje i několik dalších druhů územní ochrany přírody. Z hlediska státu je nejzásadnější právní úpravou vyhlášení NP, jehož cílem je zachování a zlepšování přírodních poměrů (zákon 114/1992 Sb.). Výzkum proměn krajiny je jedním z možných přístupů k hodnocení naplňování cílů vyhlášení NP. Šumava svými parametry představuje území, ve kterém se dají v jinak kulturní člověkem pozměněné krajině pozorovat i zmíněné přírodní procesy. Poskytuje tak unikátní prostor pro analýzu změn krajiny, v níž bude naší snahou přírodní a člověkem způsobené změny postihnout.

Území Národního parku Šumava bylo v posledních desetiletích zasaženo několika disturbancemi. Pro poměry horských ekosystémů střední Evropy jsou to charakteristické bouře a vichřice (Bengtsson et al., 2003; Brůna, 2013; Čada, 2013; Fischer et al., 2002; Matějka, 2013), často následované napadením lesních porostů hmyzími škůdci (nejčastěji lýkožroutem smrkovým - *Ips typographus*) (Janda et al., 2014). V kontextu těchto vlivů je cílem práce analyzovat prostorovou distribuci změn krajinného pokryvu. Důraz je kladen i na sledování dalších aspektů, například vlivů přírodního prostředí nebo managementu parku na zmíněné změny krajiny.

Cílem práce je zhodnocení současné dynamiky krajiny Národního parku Šumava. Na základě podrobných dat popisujících krajinný pokryv mezi lety 2006 a 2012 studie zodpovídá otázky týkající se časoprostorového aspektu změn. Jak se proměnilo zastoupení jednotlivých typů krajinného pokryvu? To je základní otázka, od které se odvíjí dílčí cíle. Mezi ně patří odhalení hlavních tzv. *land cover flows*, tedy jaké typy krajinného pokryvu se v které proměňovaly, a jaký byl rozsah změny ve sledovaném období. Dále byl důraz kladen na hodnocení změn v rámci fyzickogeografických podmínek a v rámci určených typologií lesů a přístupy k managementu chráněného území. Tato znalost může být využita při rozhodování v oblasti ochrany přírody velkoplošného chráněného území, jakým Šumava je.

Výsledky jsou porovnány se závěry prací realizovaných na Šumavě a v podobných horských oblastech střední Evropy za účelem co nejuceleněji informovat o současné dynamice krajiny v NP Šumava. Vzhledem k celosvětovému úbytku lesa (Keenan et al., 2015), a k očekávaným změnám spjatým s klimatickou změnou jakými jsou rozsáhlejší a déletrvající sucha, požáry, invaze hmyzích škůdců (Dale et al., 2001), se jedná o

výzkum relevantní nejen ve vztahu k vývoji a managementu zájmového území, ale lze ho také použít jako podklad pro hodnocení současných trendů globálního měřítka. Člověk dnes významně ovlivňuje dění na planetě, a tato práce má ambici přispět k porozumění procesů, aby naše rozhodování bylo správné.

2 REŠERŠE LITERATURY

2.1 Studium dynamiky krajiny

Výzkumným tématem práce je dynamika krajiny na území NP Šumava, proto bude představeno, jak krajinu a změny v ní chápeme. Krajina je systémem vznikajícím v určitém prostoru a v průběhu času ji utváří změny (Bengtsson et al., 2003). Tyto změny jsou způsobeny přírodními vlivy a v poslední době čím dál častěji také člověkem. Událostem, jež narušují stav krajiny a utváří její novou podobu, se říká disturbance (Forman, Godron, 1993). Jsou velmi podstatné právě pro sledování změn krajinného pokryvu, protože je zpravidla iniciují. Takových vlivů (disturbancí), které jsou časově relativně krátké a omezené, se odehrává ve větším či menším měřítku celé řada. Proto lze mluvit o nepřetržité změně v čase a prostoru, kdy je současný vzhled krajiny výsledkem minulých procesů a zároveň předpokladem utváření krajiny v budoucnu (Forman, Godron, 1993; Verburg et al., 2009). Zachytit tyto proměny jednotlivých krajinných pokryvů je náplní studia dynamiky krajiny a tedy i této práce.

Disturbance jsou přirozenou součástí procesů v krajině (Bengtsson et al., 2003; Turner, 2010), ale mohou být způsobeny i lidskými aktivitami (Hietel et al., 2005). Každý typ krajiny se vyznačuje jinými disturbancemi (povodně, požáry, působení silného větru atd.) i jinou interakcí (velikostí zasažené plochy, trváním atd.) s působící událostí.

Disturbance má zřejmý vliv na heterogenitu krajinného pokryvu (Turner, 2010). Díky tomu, že studované území i krajina obecně je kontinuem, dochází k tomu, že sousedící prvky krajiny (typy krajinného pokryvu) mezi sebou intenzivněji interagují a to různými způsoby. Jakými přesně, předurčuje budoucí vývoj krajiny. Plochy podléhající disturbanci totiž tvoří novou krajinnou mozaiku a ovlivňují okolní plošky a vegetaci za vzniku nového rovnovážného stavu krajiny. Pro hodnocení důsledků disturbance je pak důležité vzít v potaz prostorové i časové měřítko, ve kterém probíhala (Turner, 1989, 2010). Změny vyvolané disturbancí mají vliv na strukturu krajiny i krajinný pokryv a tyto důsledky jsou utvářeny v závislosti na prostorovém i časovém měřítku disturbance.

Ve studovaném území je dominantním krajinným pokryvem les, který v celosvětovém měřítku mizí. Jeho podíl na celkové ploše pevniny klesl od roku 1990 do roku 2015 o 3 % a přírodního lesa dokonce o 6 %. Na druhou stranu v Evropě les přibývá (Keenan et al., 2015). Předpovědi vývoje do budoucna, jak se bude les vyvíjet s postupující klimatickou změnou, předpokládají intenzivnější změny: častější, rozsáhlejší a silnější disturbance jako sucho, požáry, invaze hmyzu nebo dalších druhů škůdců vyskytující se také na nových místech jako např. ve vyšších polohách, chladnějších lokalitách a díky rychlejšímu rozmnožování i ve větších populacích (Logan et al., 2003). Tyto změny by byly zapříčiněny především předpokládanou stoupající teplotou (Dale et al., 2001).

2.2 Dynamika krajiny: Evropské horské oblasti

Kapitola pojednává o dynamice krajiny v evropských horách, ve kterých se dají pozorovat procesy podobné těm na Šumavě, tj. v rámci studované oblasti. V potaz je brán i širší rámec přírodních i společenských procesů způsobující změny krajinného pokryvu. Představeny jsou fenomény relevantní k zájmovému území NP Šumava.

Pokud hodnotíme změny v kontextu nejdůležitějších sledovaných procesů v Evropě, dochází v Česku ve větší míře k zalesňování a extenzifikaci zemědělství (Feranec et al., 2010). Ve Středomoří jsou tyto změny částečně spojené a les nahrazuje původně zemědělské funkce krajiny. Opouštění dřívějšího zemědělského využití horských a podhorských oblastí je typické i pro další oblasti Evropy. V případě střední Evropy budou detailněji představeny změny v horském lese a faktory, které ovlivňují jeho vývoj. Významnou příčinou změn krajinného pokryvu jsou také společenské souvislosti.

2.2.1 Případové studie z evropských oblastí

Napříč evropskými pohořími převládá z evropsky významných proměn krajiny extenzifikace zemědělství či úplné opouštění krajiny zemědělským využitím. Ve Středomoří, kde je krajina po staletí člověkem ovlivňována, a je téměř kompletně kulturní, vedly výzkumy dynamiky krajiny k použití tzv. socio-ekologické perspektivy, jež má zachytit procesy přírodního i antropogenního půvl (Aranzabal et al., 2008). Opouštění venkovské krajiny v horských oblastech Pyrenejského poloostrova vede k intenzifikaci zemědělské výroby v nižších polohách států (Aranzabal et al., 2008; Castillo et al., 2015; Mottet et al., 2006; Schmitz et al., 2003). Původní pastviny se mění například v lesní plantáže (Aranzabal et al., 2008). Ve Španělsku tak narůstá podíl ploch lesa v horských oblastech, kde se stává méně fragmentovaným (Castillo et al., 2015; Mottet et al., 2006).

I v severní Evropě, která je historicky zasažena lidskou činností o poznání méně, utváří současnou tvář hor opouštění dříve tradiční sezónní pastvy (Eiter, Potthoff, 2016). V Alpách se jedná o stejné proměny. Ty začaly ve větší míře po druhé světové válce. Intenzivní je také nová výstavba vnikající díky přílivu kapitálu, která do hor přináší nová funkční využití krajiny související s cestovním ruchem (sjezdové lyžování, kapacity pro ubytování) (Schneeberger et al., 2007). Právě i na úkor nových staveb mizí zejména louky a pastviny (Monteiro et al., 2011), a to na místech s příhodným reliéfem přiléhajícím ke stávajícím zastavěným územím. Ve vyšších polohách Velké Británie se setkáváme s přetrvávající přeměnou na polo-přírodní otevřené krajiny a s případným využitím trvalých travních porostů pro zemědělství. V některých částech Skotska naopak narůstají rozlohy bažin (Haines-Young et al., 2003).

Východní Evropa prodělala v nedávném historickém vývoji téměř půlstoletí uplatňování centrálně plánovacích mechanismů pod komunistickými vládami. Toto období bylo následováno post-komunistickou transformací, která prostřednictvím mnohých institucionálních a společenských procesů (vlastnictví, legislativa) sehrála roli ve změnách krajinného pokryvu. V rumunských Karpatech mezi lety 1912 a 2009 se na

sledovaném území nezměnilo na jiný typ krajinného pokryvu a přetrvalo jen 29,8 % analyzované plochy. V posledních letech přibývá lesa na úkor ploch dříve využívaných jako pastviny. Obecným trendem ve východní Evropě je ale přeměna polí a dříve intenzivněji využívaných zemědělských ploch v les. Nové poměry v Rumunsku se například podepsaly na částečném zmenšení rozlohy lesa v rané fázi transformačního období, který restituenti, noví majitelé lesů, nelegálně těžili (Patru-Stupariu et al., 2016).

2.2.2 Střední Evropa

Cílem kapitoly je ve stručnosti představit hlavní trendy vývoje krajinného pokryvu ve střední Evropě a pak se zabývat vývojem horských oblastí pokrytých lesními ekosystémy podobně jako je tomu v NP Šumava.

Dynamika krajiny střední Evropy je ovlivněna změnou z intenzivního hospodaření v lesnictví a zemědělství v období komunistického režimu (Elbakidze, Angelstam, 2007). Nyní se post-komunistické státy střední Evropy (Slovensko, Maďarsko, Česko), a nejvíce z nich právě Česko (3,5 % povrchu Česka), ve srovnání s ostatními částmi Evropy vyznačují extenzifikací zemědělství a v menší míře také zalesňováním. Změny v dynamice krajinného pokryvu jsou spojené i se společenskou transformací a opouštěním venkova jeho obyvateli. To dokládá v horských oblastech např. Latocha (2009) na příkladu polského Kladka. V 19. století i ve výškách okolo 1000 m n. m. lidé krajinu intenzivně zemědělsky využívali. Člověk tvořil krajinu pomocí protierozních úprav nebo lesním managementem. V průběhu 20. a 21. století hory a další periferní venkovské oblasti čelí depopulaci a úbytku aktivit i kapitálu. To se projevuje na změnách krajinného pokryvu ve prospěch dnes narůstajícího podílu lesů, luk a pastvin (Latocha, 2009; Feranec et al., 2010). V porovnání nárůstu umělých ploch, urbanizace, je sice tempo růstu ve střední Evropě nižší než v západní Evropě (Feranec et al., 2010), přesto je i v našich podmínkách urbanizace vnímána jako významný trend (Antrop, 2004). Bývá spjata se suburbanizací, specifickou formou rozvoje města za hranicí kompaktní zástavby (Sýkora, 2010). V horských oblastech je pak nová výstavba často spojena s cestovním ruchem, který přináší do tohoto prostředí nové aktivity (Lupp et al., 2013) a vede k částečné změně krajinného pokryvu (nová výstavba, lyžařské areály).

Na území NP Šumava převažují lesy, je jimi pokryto z 82 %. Typickými disturbancemi pro lesní ekosystémy ve vyšších polohách střední Evropy jsou větrné disturbance a následné gradace lýkožrouta (Jonášová et al., 2010), proto se dále budeme zabývat především jimi. Podobně jako jimi byla zasažená Šumava, i Vysoké Tatry (např. Grodzki et al., 2006) nebo Krkonoše (Matějček et al., 2011) prošly srovnatelným vývojem. Byla zde sledována dynamika krajinného pokryvu potom, co byly disturbancí zasaženy. Představení těchto případů poslouží k porovnání s vývojem v NP Šumava a poskytne širší náhled na procesy odehrávající se v těchto typově podobných oblastech.

Vysoké Tatry zasáhla vichřice v roce 2004, na některých místech ji následoval požár, a to přineslo rozdílné změny vegetace. Na následcích se projevila dříve proběhlá změna

skladby lesního porostu z potenciálně přirozeného výskytu jedlo-smrkového lesa do podoby smrkové monokultury náchylnější k větším změnám (polomům) způsobených vichřicí. Jedná se o podobně geografické podmínky jako na Šumavě, výzkumné plochy byly lokalizovány mezi 950 a 1100 m n. m. (Budzáková et al., 2013).

Z výzkumu Budzákové et al. (2013) vyplývá, že vegetace byla schopná - na místech ponechaných bez dalšího managementu - se obnovit sama. Mrtvé dřevo tvoří vhodný základ pro opětovný vznik jehličnatých porostů. Dalším důsledkem je vyšší rozmanitost vegetace stanovišť nezasazených aktivitami člověka v krajině. Druhová diverzita byla vyšší u disturbancemi zasažených míst, až poté je následovala chudší referenční plocha se stojícím lesem. Plochy zasažené požárem vykazovaly diverzitu nejmenší, protože zde chyběla dřevní hmota a humus (Fischer et al., 2002) a byly převážně obsazeny kompetičně lépe vybavenými trávami (Budzáková et al., 2013). V Krkonoších se smrkový porost také lépe obnovoval v místech s dostatkem organických zbytků a rozpadajícího se starého lesa. Hůře tam, kde chybělo zapojené stromové patro a kde se tudíž prosazovaly a postupně dominovaly trávy (Matějček et al., 2011). Obnovu smrkového lesa, nejdříve společně s pionýrskými druhy listnatých dřevin a její největší potíže na odtěžených plochách potvrzuje také Jonášová et al. (2010).

Další podobnost mezi Vysokými Tatrami a Šumavou můžeme nalézt ve stupni ochrany, obě území jsou chráněny jako národní park. Studie z prvně jmenovaného pohoří dokládá, že management velkoplošných zvláště chráněných území hraje roli ve vývoji a dynamice procesů spjatých se změnou krajinného pokryvu. Byly porovnány opatření managementu NP na polské a slovenské straně po přemnožení lýkožrouta ve Vysokých Tatrách v letech 1993-1998. Na slovenské straně se začal uplatňovat aktivní management včetně záchranného kácení, který se později odstupňoval podle specifik přírodního prostředí a procesů v něm probíhajících, oproti tomu v polském národním parku nebyl na většině území uplatňován žádný management a porosty byly ponechány přirozenému vývoji. Začátek disturbance probíhal obdobně v obou územích, přičemž jej ovlivnily zejména podmínky meteorologické - předcházející horké a suché roky a geomorfologické - orientace svahu. Navzdory rozdílnému managementu se nelišil o mnoho ani další vývoj, přesto se obnova více dařila v bezzásahovém území polského NP (Kindlmann et al., 2013). Těžba dřeva byla uplatňována u stromů, které byly napadány nejvíce. Šlo o stromy na okrajích lesa vystavené jak lýkožroutovi, tak slunečnímu záření. Odlišnosti najdeme ve finálním uspořádání lesa. Mozaika lesa s odumřelým stromovým patrem a živých stromů v polské části kontrastuje s relativně většími plochami holin odtěžených člověkem a s rozsáhlejšími lesními porosty na Slovensku (Grodzki et al., 2006). Na druhou stranu, s přirůstajícím časem klesala selekce napadání stromů lýkožroutem a celkově se struktura stávala homogennější (Sproull et al., 2015). Faktor solární radiace se projevuje podstatně více s postupující gradací lýkožrouta a časem. Pro iniciaci a v úvodní fázi disturbance způsobené lýkožroutem solární radiace (orientace svahů) tak důležitá nebyla (Mezei et al., 2014). To je podobné vývoji prostorových preferencí lýkožrouta v Beskydech, kde postupně

obsazoval jižní svahy, přitom gradace kůrovce začala v lesích na severních svazích Beskyd orientovaných k ostravské aglomeraci, a tím pádem více poškozených znečištěním z této průmyslové oblasti (Main-Knorn et al., 2009). Působení lýkožrouta na svazích s jižní orientací postupně začalo dominovat i v případě polských Tater (Sproull et al., 2015).

Kromě výše zmíněných vlivů je nutné za dynamikou změn v krajinném pokryvu vidět například i znečištění atmosféry, přičemž jehličnaté lesy, na Šumavě převažující, bývají tímto druhem znečištění zasažené více, jak ukazuje výzkum z Karpat (Grodzinska et al., 2004). Na druhou stranu, trojmezí Česka, Polska a Slovenska, taktéž v Karpatech, se vyznačuje přírůstkem smíšeného lesa a úbytkem jehličnatého, za kterým je právě menší odolnost jehličnatých lesů čelit znečištěnému životnímu prostředí, zejména znečištěné atmosféře. Lesnický management se proto změnil a protežuje výsadbu smíšených lesů, přesto jsou i tyto lesy náchylné k poškození díky zděděnému znečištění půdy a v menší míře atmosféry. Přírůstek lesních porostů byl prokázán v české a slovenské části zájmové území výzkumu (Main-Knorn et al., 2009). V pásmech podle nadmořské výšky je přírůstek evidován mezi 900 a 1020 m n. m.

2.3 Zájmové území

2.3.1 Dynamika lesní krajiny a disturbance

Jak již bylo zmíněno výše, pro lesy v horském prostředí střední Evropy a tedy i pro Šumavu platí, že nejčastěji se setkáváme s disturbancemi větrnými, které často doprovází bouřky s vysokými úhrny srážek (Bengtsson et al., 2003; Brůna, 2013; Čada, 2013; Fischer et al., 2002, Matějka, 2013). Jde tedy především o působení větru na horské porosty, které je následováno napadením hmyzími škůdci (Janda et al., 2014).

Potvrzení, že disturbance zachovávají dlouhodobý odkaz v krajině, se snažil prokázat v NP Šumava Brůna et al. (2013). Vichřicemi bylo území NP zasaženo v letech 1710, 1740, 1778 a několikrát v prvních čtyřiceti letech 19. století. Zkoumány byly také další vichřice, které zasáhly Šumavu ve třech po sobě jdoucích zimách 1868, 1869 a 1870. Vyústily ve velkoplošnou disturbance a následné napadení porostů lýkožroutem smrkovým. Z historických lesnických map a dalších pramenů bylo zjištěno závažnější poškození starších porostů, které i přes předchozí události pokrývaly 35 % sledovaného území (porosty starší než 80 let byly závažně poškozeny více než z půlky). Důvodem mohla být tehdejší hospodářská přeměna lesa, která les rozčlenila a jeho starší části ponechala na místech, kde mohl vítr lépe působit. Z hlediska skladby lesa byly podobně silně poškozeny jak smrkové, tak smíšené porosty. Méně důležitá se ukázala býti orientace svahů a tvar reliéfu obecně. Význam nadmořské výšky byl prokázán. Nejvíce se disturbance projevila mezi 1000 a 1150 m n. m., tedy ne v očekávaných nejvyšších partiích pohoří, kde zřejmě rostl nižší les. Janda et al. (2014) potvrzuje, že velkoplošné disturbance v 18. a 19. století vedly následně k regeneraci a nárůstu dřevní hmoty. Již

před několika staletími tedy nebyly disturbance, podobné těm jaké známe dnes, výjimkou.

Hospodaření s krajinou se razantně proměnilo po skončení druhé světové války. I na Šumavě ubývalo obyvatelstvo a po roce 1948 dokonce byla vládou komunistickou stranou velká část území při státní hranici uzavřena kvůli sousedství se západním Německem. To vedlo k zalesnění sekundárního bezlesí dříve využívaného původními obyvateli (Matějka, 2013; Šantrůčková et al., 2010). I když byl les v centrálních oblastech Šumavy do přelomu osmdesátých a devadesátých let ponechán svému vývoji, podléhal dále přirozeným větrným disturbancím a následným gradacím lýkožrouta. Lýkožrout ve větší míře poškodil šumavské porosty i v první polovině 90. let 20. století. Následná těžba, která měla vést ke zmírnění dopadů působení lýkožrouta, znamenala především fragmentaci porostů a jejich menší odolnost vůči silnějšímu větru (Jonášová, Prach, 2004, 2008; Šantrůčková et al., 2010).

Dědictví disturbancí a lidské zásahy do krajiny předznamenaly budoucí vývoj. Díky neuváženému managementu, který reagoval na disturbance minulé, mohlo dojít ve zvýšené míře k poškození porostů disturbancí nadcházející. Jelikož dochází k jinému vývoji obnovy v lese přirozeném a ovlivněném člověkem, je pro hodnocení regenerace a dynamiky důležité znát stav a popřípadě skladbu vegetace před disturbancí (Jonášová, Prach, 2004). Dalším faktorem je velikost sledovaného území, respektive měřítko pro nahlížení na procesy v krajině. Ve střední Evropě působící větrné disturbance mohou zapříčinit jen selektivní změny, následovány přemnožením lýkožrouta (Čížková et al., 2011) však již působí na větším území (Jonášová, 2001) a s téměř absolutní úmrtností napadených stromů při vrcholné fázi gradace (Svoboda et al., 2012). Na rozdíl od nižších lesních vegetačních pater jsou horské smrčiny náchylné k rozpadu na velkých plochách a smrk je i v iniciačních stádiích obnovy dominantní dřevinou. Nejsou zde tedy zastoupeny ve větší míře pionýrské dřeviny (např. jeřáb, bříza), které jinde předcházejí dominanci typických dřevin pro daný lesní vegetační stupeň (dále jen LVS). Vysokým rozpětím plošného rozsahu disturbancí vykazuje středoevropský horský jehličnatý les podobnosti s dynamikou boreálních lesů (Janda et al., 2014). Podle malého vývojového cyklu se obnovují níže položené LVS, kde jsou ale dnes často díky lidské činnosti přítomny nepůvodní smrky, které mohou obnovu znesnadňovat (Kindlmann et al., 2013; Matějka, 2013).

Pro výzkum současné dynamiky lesa v NP Šumava i Bavorský les byly zřízeny plochy tzv. biomonitoringu s různým stupněm ovlivnění člověkem (tj. různým managementem), ve kterých se hodnotil vývoj vegetace po disturbanci. Z výzkumů vyplývá dominance přirozených procesů, které jsou úspěšnější než umělé vysazování dřevin. Pro přirozenou obnovu se stejně jako ve Vysokých Tatrách potvrdila důležitost dostatku mrtvého dřeva (Čížková et al., 2011; Jonášová, Prach, 2011; Svoboda et al., 2010), a to zejména pro obnovu horských smrčín. Semenáčky smrků toto prostředí vyhledávají více nežli jiné dřeviny. Naopak zmlazení hůře probíhá na místech s bylinným patrem, které se častěji vyskytuje v prosvětlených místech (Jonášová, Prach,

2004). Stejně závěry sledující odlišné události potvrdily obě studie (Čížková et al., 2011; Jonášová, 2001). Výsledkem je krajinná mozaika různě rychle obnovujících se lesa (Svoboda et al., 2010).

Jonášová (2001) a Jonášová a Prach (2004) podobně jako ve studii z Bavorské strany NP (viz níže) pozorují i přítomnost jeřábu a buku, nicméně smrk je hlavní dřevinou, která od začátku obnovy les úspěšně zmlazuje. V místech bez těžby a dalšího managementu se kromě stromového patra obnovují lépe i rostliny nižších pater lesa a diverzita vyskytujících se druhů zůstává zachována (Jonášová, Prach, 2008). Mimo jiné na holinách panuje mnohem rozkolísanější teplotní a vlhkostní režim, který je méně podobný přirozenému lesu, a proto obnova probíhá hůře. I po delším časovém období se potvrzuje schopnost regenerace smrkových porostů ponechaných přirozenému vývoji, pomaleji probíhá na podmačených půdách. Postupně se ještě více zvyšuje dominance smrku. Na místech postihnutých těžbou mají stromy homogenní výškovou strukturu a rostou rychleji než stromy na přirozeně se obnovujících stanovištích (Nováková, Edwards-Jonášová, 2015).

Pro management je důležité si uvědomit, že většina semínek dřevin byla na sledovaných místech ještě před disturbancí a odkornování lýkožroutem napadených smrků vedlo sice ke snížení intenzity činnosti lýkožrouta, na druhé straně však přirozená obnova na těchto místech probíhala daleko pomaleji než na těch bez uplatňování jakýkoliv zásahů (Čížková et al., 2011).

Již dříve prodělal podobný vývoj NP Bavorský les ležící na německé straně hranice. Ten byl zasažen v roce 1983 větrnou disturbancí a následnými polomy (Fischer et al., 2002). Poté, co bylo území převedeno do bezzásahového managementu (Jonášová, Prach, 2004), byl monitorován vývoj vegetace v letech 1988, 1993 a 1998. Na odtěžených plochách se uchytily zejména pionýrské dřeviny (jeřáb, bříza) a na plochách ponechaných svému vývoji se dominantním stal smrk. Horské smrčiny bavorské části NP byly zasaženy lýkožroutem i v roce 1993 a vývoj lesů byl sledován na několika zkušebních plochách v nejvyšších partiích NP ve výškách nad 1050 m n. m. Regenerace započatá v roce 1996 nadále na většině ploch úspěšně pokračuje a dominance smrku ztepilého (*picea abies*) se zvětšuje. Z počátku regenerace byl jeho podíl 73%, 22% tvořil jeřáb. V roce 2005 smrk dosahoval bezmála 90% podílu na stromech na sledovaných plochách regenerace. Smrk totiž plnil roli jak pionýrské, tak klimaxové dřeviny, za to jeřáb, typická pionýrská (přípravná) dřevina tvořila pouze 22% podíl. Obnova probíhala na místech s mrtvým dřevem v blízkosti mrtvých stromů. Znovu se projevila důležitost dřevní hmoty pro obnovu lesa (Heurich, 2009). Kautz et al. (2011) z perspektivy posledních desetiletí vypočítávají dvě období se zvětšenou populací kůrovce (1996 - 2000 a 2005 - 2009). První zásáhla rámci Bavorského národního parku spíše vyšší polohy, druhá pak nižší. Stejní autoři z hlediska gradace kůrovce došli k závěru, že se nešířil ve sledovaném čase meziročně ve větším okruhu než 100 m, to následně vede k zintenzivnění procesů na relativně malém území při vyšších stavech populace kůrovce, ale při nižších stavech jsou brouci více vybíraví a nezaměřují se

pouze na nejbližší stromy jako tomu je při probíhající kalamitě. Zmíněná cyklická gradace v určitých obdobích souvisí i s odlišnými životními strategiemi dřevin a lýkožrouta, jehož životní cyklus je daleko rychlejší, po gradaci dochází zpravidla zhruba po pěti letech k útlumu, jelikož brouk již nemá další stromy, které by napadal. Pro gradaci lýkožrouta se dále potvrzuje důležitost počasí. Pokud přijde chladnější rok, zpravidla se gradace zastaví (Kindlmann et al., 2013; Lausch et al., 2011).

Časoprostorová dynamika výskytu lýkožrouta v NP Bavorský les předkládá model, podle kterého by se dalo hodnotit, nakolik je změna krajinného pokryvu na území NP Šumava způsobena právě kůrovcovou gradací a případně by mohla potvrdit, nebo vyvrátit širší platnost závěrů studie (Lausch et al., 2011). Lýkožrout zpravidla napadá jen poškozené a uhynulé stromy, nicméně právě při přemnožení expanduje i na stromy zdravé. V iniciační fázi šíření byla jako důležitá pozorována blízkost již napadené oblasti, oblasti zasažené vichřicí a nedaleká přítomnost mladých jehličnatých dřevin. Tyto faktory zůstávají klíčové i dále v průběhu gradace. Lýkožrout se orientuje na oblasti s převážně jehličnatými dřevinami, napadá relativně malé areály s delším obvodem a jeho působení roste s vyššími teplotami. V dalších fázích je stále významná blízkost minulého rozšíření, jelikož bylo šíření pozorováno do 500 m (Lausch et al., 2011; Sproull et al., 2015). V průběhu času se ztrácí závislost na vysoké teploty. Z geomorfologických proměnných hrála po celou dobu hlavní roli nadmořská výška, méně pak orientace a sklonitost (Lausch et al., 2011).

2.3.2 Charakteristika a management zájmového území

Národní park Šumava, založený v roce 1991 (Křenová, Kiener, 2012), zaujímá více než 680 km² (Bláha et al., 2013). Kromě toho se na území uplatňuje i ochrana přírody z celoevropské úrovně např. prostřednictvím sítě NATURA 2000 (Křenová, Kindlmann, 2015). Území leží při bavorsko-české hranici a na německé straně se rozléhá národní park Bavorský les (více než 242 km²), založený v roce 1969 (Křenová, Kiener, 2012). Jedná se o převážně zalesněnou krajinu s horskými loukami a rašeliníšti. Předmětem ochrany jsou právě i tato unikátní stanoviště poskytující útočiště chráněným druhům živočichů (Bláha et al., 2013).

Jde o jedno z geologicky nejstarších pohoří v České republice patřící do regionální jednotky Moldanubika. Tvořeno je rulami a granity, přeměněnými a vyvřelými horninami (Nováková, Edwards-Jonášová, 2015). Nejvyššími body národních parků jsou na Šumavě Plechý (1379 m n. m.) a v Bavorské části parku Roklan (1453 m n. m.) (Křenová, Kiener, 2012). V centrální oblasti dosahuje roční úhrn srážek až k hodnotám okolo 1500 mm (Nováková, Edwards-Jonášová, 2015). Zmíněný les je z největší části tvořen smrkovými porosty, které nejsou ve všech částech NP původní a někde nahradily původní smíšený horský les s bukem lesním a jedlí bělokorou (Brůna et al., 2013). Národní park Šumava je společně s Národním parkem Bavorský les největším územím divočiny ve střední Evropě (Křenová, Hruška, 2012) a je cenný i díky ekosystémovým službám, potažmo ekonomickým přínosem, který poskytuje (Čížková, 2011).

Při územní ochraně přírody je podle Bengtssona et al., (2003) a Turner (2010) nutné zdůrazňovat měřítko, na kterém procesy probíhají. Zejména Bengtsson et al., (2003) na toto narážejí v implikaci pro ochranu v konceptu tzv. dynamické rezervace, kdy se zdůrazňuje role procesů v území. Turner (2010) popisuje, že i velká disturbance vede v konečném důsledku k heterogenitě a diverzitě.

NP Šumava byl zasažen velkoplošnými disturbancemi. I přes jejich rozsah studie ze Šumavy a podobných oblastí dokazují, že vegetace je schopná obnovy. Pro zajištění této přirozené obnovy se proto Bláha et al. (2013) zasazují o scelení první zóny NP Šumava. Větší kompaktní a nefragmentované území se lépe dokáže s disturbancemi, které přirozeně ovlivňují ekosystém, vypořádat a dokáže zaručit obnovu lesních ekosystémů. Ale po vypuknutí kůrovcové gradace v první polovině 90. let 20. století byla první zóna zmenšena z původních 22 % na 13 % a její území bylo fragmentováno kvůli těžbě lýkožroutem napadených stromů (Křenová, Hruška, 2012). Existence větrným disturbancím náchylných porostů (Šantrůčková et al., 2010) a malá území, ve kterých nemohlo docházet k přírodním procesům, vedla k návrhu, který by zajistil větší propojenost a kompaktnost území (Křenová a Hruška 2012). To by směřovalo k rozšíření působení přírodních procesů v krajině, smyslu existence NP. Tento přístup se od počátku osmdesátých let uplatňuje v Bavorském lese (Křenová, Kiener, 2012). Jinými slovy se snaží zvětšit území, změnit měřítko tak, aby bylo území schopné reagovat na disturbance. Vhodně zvolený management chráněného území je pro to klíčovým nástrojem.

Každý LVS v rámci zkoumaného území vykazuje jiné druhové složení. Současné lesní ekosystémy se liší jak mezi sebou podle nadmořské výšky, ve které rostou, tak v případě, pokud by byl současný stav lesních vegetačních stupňů porovnán s potenciální přirozenou vegetací. To vede k odlišným procesům utvářející lesní ekosystém, proto je vhodným nástrojem ochrany zonace, která vymezí lesy, ve kterých bude docházet k přírodní sukcesi a kde bude do jisté míry o lesy pečovat člověk. Na hranici těchto zón je vhodné aktivně zasahovat proti šíření lýkožrouta (Matějka, 2013). K rozsáhlejším zásahům do přírodně cenných lesních společenstev přesto docházelo i ve sledovaném období po disturbanci způsobené orkánem Kyrill. Kácení bylo povoleno správou NP Šumava od roku 2008 a gradovalo v roce 2011 (Křenová, Kindlmann, 2015).

2.4 Metodické postupy studia dynamiky krajiny

Ke studiu dynamiky krajiny je možné přistoupit mnohými způsoby. Cílem této kapitoly bude stručně představit ty metody, které se týkají i zájmového území práce. NP Šumava je především horská lesnatá krajina a hlavním úkolem práce je tak sledovat převážně přírodní procesy změn krajiny v jejích lesních ekosystémech. Proto nebude dále pracováno se socio-ekologickým systémem, který používá proměnné popisující přirozené přírodní procesy i procesy společenské pro statistické vyhodnocování a modelování dalších změn krajinného pokryvu (Aranzabal et al., 2008; Hietel et al.

2005). Podobně Ameztegui et al. (2015) používají proměnné popisující lesní ekosystém pro modelování jeho vývoje.

V této práci je však důležité vyhodnocení změn, které se staly v nedávné minulosti. Taková informace se získává ze snímků pořízených pomocí dálkového průzkumu Země. Castillo et al. (2015) použili satelitní snímky pro hodnocení změn krajinného pokryvu a následnou analýzu struktury, konektivity a diverzity krajiny. Dynamika je nejjednodušeji monitorována pomocí změn krajinných pokryvů a vyčíslením kolik plochy se změnilo z jakého druhu pokryvu na který (Main-Knorn et al., 2009; Martinez-Fernandez et al., 2015).

Takové porovnání bylo obsahem studie Main-Knorn et al. (2009). Byly srovnávány snímky za dva časové horizonty pořízené v letech 1987 a 2005 na území trojmezí Česka, Polska a Slovenska. Využitím dálkového průzkumu Země vzniklo i infračervené snímkování NP Bavorský les. Pro určení typů lesních porostů podle zdravotního stavu byl obraz segmentován a následně klasifikován do tříd (Heurich et al., 2010).

Pokud jsou data klasifikována do tříd krajinného pokryvu, lze rozlišit dynamiku procesů v jednotlivých geografických rámcích. Skokanová a Eremiášová (2013) naopak měly dané dva prostorové rámce (chráněné a nechráněné území) a hodnotily v nich, zdali se procesy v krajině mezi nimi liší. Opačným způsobem postupoval Attore et al. (2013). Vytvořili prostorové rámce, které klasifikovaly zájmové území, a hodnotili, jak se v nich sledované procesy liší. V prostředí ArcGIS se k podobným analýzám často používají rastrová data, u nichž hraje významnou roli pro přesnost velikost pixelu, nedělitelné jednotky zpravidla čtvercového tvaru, která má pokrývat plošný rozsah reálného krajinného pokryvu. Například pro data Corine Land cover pokrývající celou Evropu byla použita data s rozlišením pixelu 3 x 3 km (Feranec et al., 2010). Divíšek et al. (2014a), Divíšek et al. (2014b) nebo Janík (2014) pak klasifikovali zájmové území do tříd na základě klastrové analýzy proměnných popisujících fyzickogeografické prostředí. Takové rámce pak mohou tvořit podklad pro hodnocení dynamiky krajiny. Obdobně se v souvislosti s existencí NP nabízí hodnotit dynamiku v oblastech s rozdílným přístupem k managementu a zásahům do území (Martinez-Fernandez et al., 2015; Grodzki et al., 2006).

Vzhledem k výskytu výše zmíněných disturbancí v zájmovém území NP Šumava se v sousedním NP Bavorský les přistoupilo k hodnocení působení těchto událostí (zejména výskytu lýkožrouta) v několika časových horizontech (Lausch et al., 2011). Mezi klíčové proměnné patřily jak data popisující terén, tak například ty o průměrných teplotách v jednotlivých vybraných letech. Působení lýkožrouta a jeho prostorové preference podle nadmořské výšky jsou dalším možným rámcem hodnocení (Main-Knorn, et al., 2009), lýkožroutovi lze přiřadit i další prostorové atributy popisující místo jeho výskytu z ekologického a fyzickogeografického pohledu (Mezei et al., 2014).

Pro detailní výzkum dynamiky změn lesa v delší časové řadě je na území NP Šumava hojně používáno terénního výzkumu porovnávajícího vývoj na několika zkušebních plochách, tzv. biomonitoring (Budzáková et al., 2013; Fischer et al., 2002;

Heurich, 2009; Jonášová, Prach, 2004, 2008). Tento způsob práce sice nezachycuje kvůli výběru detailních ploch komplexitu celého území, ale zachycuje vývoj chování lesního ekosystému na úrovni jedince, která je pak zásadní i pro měřítko celého zájmového území a indikuje jeho možný vývoj, respektive vývoj jednotlivých krajinných typů, typů lesa (ploch) s danými fyzickogeografickými charakteristikami. Komplementární k tomuto zdroji znalosti o dynamice krajiny NP Šumava je i tato práce, která se zabývá celým územím parku, tedy nejen vývojem na jednotlivých oddělených místech.

3 METODIKA A DATA

3.1 Data

Recentní dynamika krajinného pokryvu NP Šumava byla hodnocena na základě analýzy ortofoto snímků. K práci byla použita časová řada snímků od roku 2006 do roku 2012, která postihuje nejzásadnější změny způsobené vichřicí Kyrill a následnou gradací kůrovce (Křenová, Kindlmann, 2015).

Předzpracovaná data v podobě klasifikované vrstvy krajinného pokryvu a následně dílčích změn popisující změnu primárně v lesním prostředí byla poskytnuta Správou NP Šumava a společností GEODIS. První časový horizont (2006) zpracovávala společnost GEODIS, změnové databáze v dalších letech pak již zpracovávali zaměstnanci Správy NP a CHKO Šumava. Tyto subjekty pořizovaly snímky mapující porosty parku vždy na jaře ve zmiňovaných letech. To znamená, že např. na snímku z jara 2007 je stav za předchozí rok, jelikož kůrovcová gradace ani těžba přes zimu a obecně chladný půlrok nepostupuje. Ortofota byla pořízena v rozlišení pixelu 20 cm.

Původní vrstva obsahovala dvanáct typů krajinného pokryvu (nebyly v ní obsaženy *polomy* a *holiny s hmotou*). Za každý další rok sledovaného období byly pořízeny vrstvy popisující změnu lesních porostů rozlišenou podle typů krajinného pokryvu charakterizující změnu lesa v následku disturbance (*suchý stojící les*, *holiny*, *polomy*, *holiny s hmotou*). Tyto typy krajinného pokryvu budou pro hodnocení dynamiky

Členění se 14 typy krajinného pokryvu	
Krajinný pokryv	Kód vstupující do analýz
Zastavěné plochy	1
Jehličnatý les	2
Listnatý les	3
Smíšený les	4
Poškozený les	5
Suchý stojící les	6
Holiny	7
Louky	8
Sukcese	9
Mokřady	10
Skály	11
Vodní plochy	12
Polomy	13
Holiny s hmotou	14

Tabulka 1: Krajinné pokryvy vstupující do analýz.
Vlastní zpracování na základě dat Správy NP a CHKO Šumava.

nejdůležitější, jelikož představují nejvýraznější změny. Celkem byl tedy krajinný pokryv členěn do 14 kategorií (Tab. 1).

Ve studii je dále pracováno se sedmi časovými horizonty, jeden za každý rok (2006 – 2012). Ty vznikly postupným doplňováním původní vrstvy vyjadřující krajinný pokryv o data popisující dynamiku lesa – šlo o rozlohy typů: *suchý stojící les*, *holiny*, *polomy*, *holiny s hmotou* za každý rok. Data byla integrována v prostředí software ArcGIS 10.3 do vrstev krajinného pokryvu ve vektorovém formátu podle stejné metodiky: pomocí funkcí *intersect* a *union* byly zmíněné čtyři typy krajinného pokryvu včleněny do původních vrstev, takto vznikly vrstvy popisující dynamiku krajiny (zejména lesa) po disturbance způsobené vichřicí Kyrill a vytvořily vrstvy za každý rok se 14 typy krajinného pokryvu

a byla vypočítána jejich rozloha. Kvůli následným analýzám byly vzniklé vektorové vrstvy převedeny do rastrového formátu. Použitá velikost jednoho pixelu byla stanovena na 10x10 m, jelikož bylo cílem dosáhnout co největší přesnosti a stupně podrobnosti. Pro převod z vektorového na rastrový formát byl rozhodující krajinný pokryv ve středu nové vzniklé rastrové buňky. Po vzniku sedmi vrstev dle stanovené metodiky ve vektorovém formátu vzniklo i sedm rastrových vrstev s velikostí pixelu 10x10 m a se stejnými kódy pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (Tab. 1).

3.2 Metodika

3.2.1 Identifikace *land cover flows*

Pro hodnocení dynamiky krajinného pokryvu zájmového území bylo přistoupeno k identifikaci hlavních *land cover flows*, česky lze říct hlavních typů přeměn krajinného pokryvu. Ty jsou definovány jako změny mezi jednotlivými typy krajinného pokryvu a je vyčíslena jejich rozloha (Martinez-Fernandez et al., 2015). Vzhledem k tomu, jak byly vrstvy za jednotlivé roky pořízeny, jde o přeměny stávajících typů krajinného pokryvu do těch postupně doplňovaných, které popisují změny prostředí lesních ekosystémů.

Pro identifikace *land cover flows* bylo nejprve nezbytné zobrazit vyhotovené rastry krajinného pokryvu za jednotlivé roky (Příloha 8.1), aby mohly proběhnout další analýzy v extenzi Land Change Modeler for ArcGIS (Clark Labs, 2015), dále jen LCM. Tento nástroj slouží mimo jiné k vyhodnocování změn krajinného pokryvu z prostorových dat popisujících krajinný pokryv. Do LCM vstupují vždy dvojice rastrových vrstev popisující stejné území ve stejném rozlišení a se stejnou legendou krajinného pokryvu za dva časové horizonty. S využitím nástroje lze vygenerovat řadu mapových a tabelárních výstupů vyčíslovací a ukazující změny typů krajinného pokryvu. Statistiky byly získávány s ročním krokem a jednalo se nejdříve o prosté rozlohy jednotlivých typů krajinného pokryvu vyjádřených absolutně v km² a v procentech k rozloze celého NP Šumava. Kromě tabulek byly zhotoveny i grafy názorně představující trendy vývoje ve sledovaném období. Díky mapovým výstupům je tyto výsledky dále možné konfrontovat v kontextu fyzickogeografických podmínek a zásahů, které do prostředí přináší člověk.

LCM dále nabízí analýzy, ze kterých lze změny krajinného typu vyhodnotit detailněji. Pro hlubší znalost byly analyzovány ztráty a nárůsty rozloh u každého typu krajinného pokryvu za každý rok. V meziročním kroku je tak zřejmé, o jakou rozlohu daný typ krajinného pokryvu přišel a naopak, kolik kilometrů čtverečních získal. Tyto výsledky je možné získat v tabelární i mapové podobě.

Nejhojněji je zastoupen typ *jehličnatý les*, který tvoří krajinnou matici. Z předchozích analýz (prostých rozloh za jednotlivé roky) je zřejmý jeho úbytek. Díky možnostem LCM jej bylo možné podrobit analýze přinášející informace o změnách *jehličnatého lesa* v ostatní typy krajinného pokryvu (*suchý stojící les*, *holiny*, *polomy*,

holiny s hmotou). Právě tyto proměny byly kvůli své dominanci nejsledovanější. Pokud je některý ze zmíněných typů krajinného pokryvu krajinného pokryvu hojně zastoupen, je možné přikročit ke zjištění detailních *land cover flows*, tedy, na úkor jakých typů krajinného pokryvu se vybraný typ vyvinul.

3.2.2 Hodnocení změn v prostorových rámcích

Po zjištění dynamiky krajiny na celém území NP Šumava, byly proměny hodnoceny v několika rámcích popisujících fyzickogeografické poměry i management chráněného území. Díky tomu je možné popsat intenzitu procesů ve vztahu k typu lokality, na kterém probíhají.

Mezi rámce hodnocení patří fyzickogeografická typologie dělicí území NP Šumava do pěti typů podle fyzickogeografických proměnných. Ty agregují charakteristiky reliéfu a klimatických poměrů (Janík, 2014). Dále pak orientace svahů, typologie lesních porostů podle ekologické řady (Obr. 1) a podle lesního vegetačního stupně (nadmořské výšky) (Plíva, 1987), ale i rozlišení území na zásahový a bezzásahový management). Výsledkem těchto analýz jsou tabelární a grafické výstupy popisující změny v jednotlivých prostorových rámcích.

Analýza probíhala s využitím zonální statistiky v prostředí ArcGIS. Do ní vstupoval prostorový rámec a mapový výstup z LCM. Ten zobrazuje pomocí rozdílu dvou vstupních rastrů za dva následující roky změny, které se staly. Výstupem pak je tabulka rozlohy jednotlivých změn roztržiděná podle oblastí prostorových rámců hodnocení.

Obrázek 1: Tabulka souboru lesních typů. Zdroj: ÚHÚL, 2016.

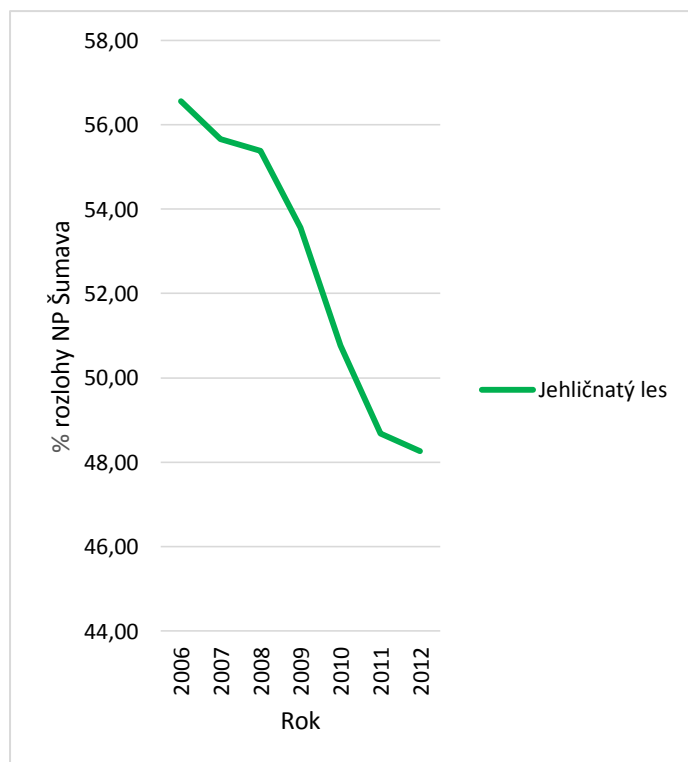
4 VÝSLEDKY

4.1 Vývoj krajinného pokryvu na území NP Šumava v letech 2006 – 2012

Již před orkámem Kyrill (Křenová, Kindlmann, 2015), od začátku devadesátých let, docházelo ke gradacím lýkožrouta, které byly následovány čím dál častějšími zásahy do lesních ekosystémů těžbou, čímž mělo dojít k omezení šíření lýkožrouta do dalších porostů (Jonášová, Prach, 2008). V roce 2006 tvoří *holiny* 3,67 % rozlohy parku (25,1 km²). Je to podobný podíl jako tvoří *listnatý les*, nebo *poškozený les* a *suchý stojící les*. Naprosto dominantní je *jehličnatý les* s 56,55 % podílu plochy NP (387 km²).

V lednu 2007 byl NP Šumava zasažen orkámem Kyrill. To byl iniciační moment, který spustil změny ve sledovaném období. Tato větrná disturbance poškodila především oslabený *poškozený les*, z něhož vznikla většina *polomů*. Pro srovnání: rozloha *poškozeného lesa* se zmenšila o 4,44 km² a u dvacetinásobně rozsáhlejšího *jehličnatého lesa* jen o 6,16 km². Zřejmě v důsledku již předchozích opatření proti šíření kůrovce a vzniku nově zasažených ploch větrnou disturbancí přibýly nové plochy *holin* celkem čítající 8,24 km².

Další výraznou změnu lze pozorovat od roku 2008. Po klidném mezidobí let 2007 – 2008 s minimálními změnami se začíná měnit *jehličnatý les*. Z původních 387 km² v roce 2006 na 330 km² na konci sledovaného období v roce 2012. Procentuálně se jedná o pokles z 56,55 % rozlohy NP na 48,27 % území NP Šumava. Tento úbytek ve



Graf 1: Vývoj podílu zastoupení jehličnatého lesa na území NP Šumava 2006 - 2012. Vlastní zpracování na základě dat Správy NP a CHKO Šumava.

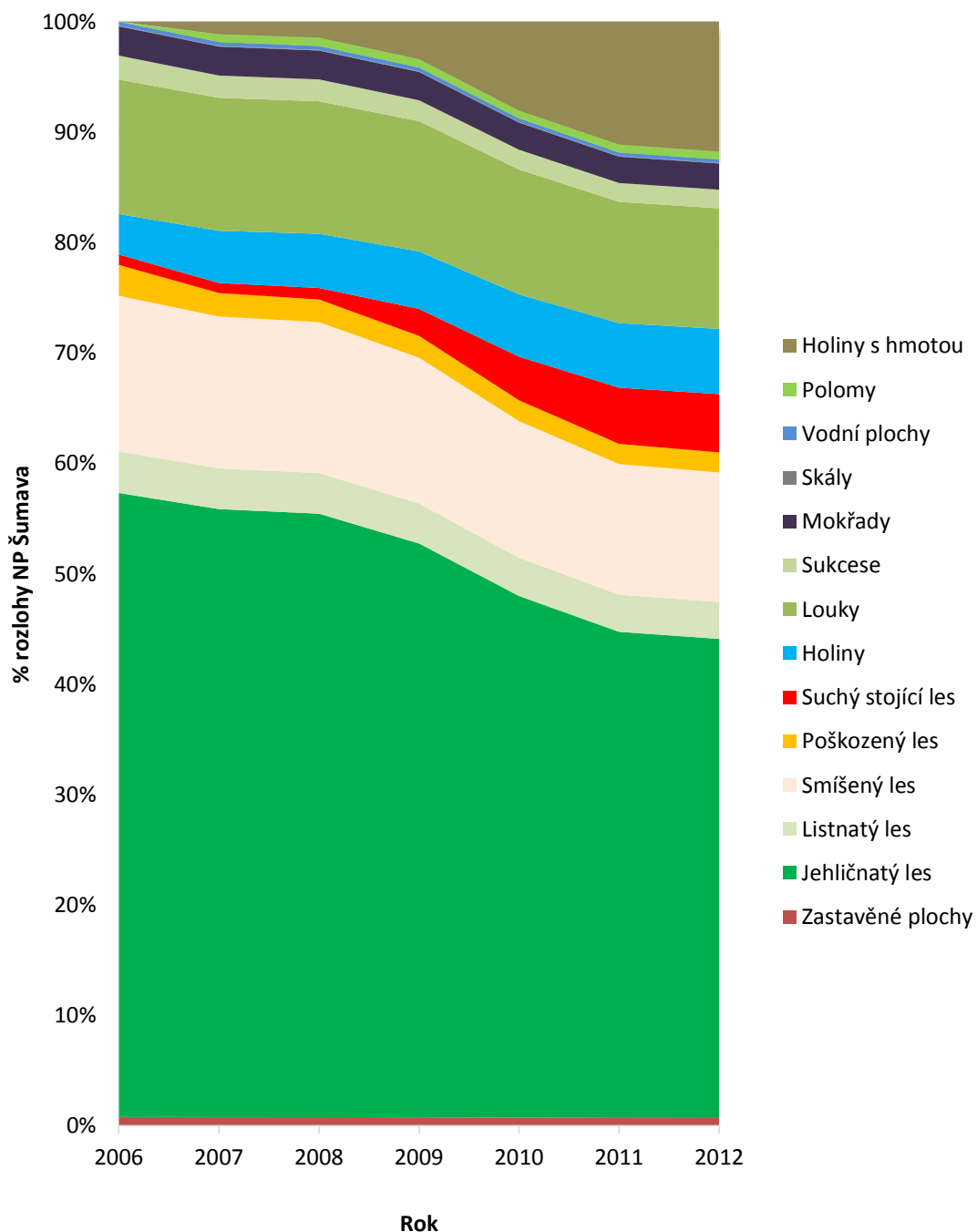
větší míře započal právě až v roce 2008. Na jaře v roce 2009 meziročně zmizelo 12,43 km² *jehličnatého lesa* a zároveň přibýlo 10,03 km² *suchého stojícího lesa*. S největší intenzitou probíhal tento proces do roku 2011, a nakonec se pokles téměř zastavil (Graf 1). V podobných rozlohách přibývalo paralelně ploch *holin* a *holin s hmotou*.

Při rozlohou nejrozsáhlejších změnách v roce 2010 se meziročně změnilo 19,17 km² *jehličnatého lesa* a přitom vzniklo 11,82 km² *suchého stojícího lesa*, 5,01 km² *holin* a 5,12 km² *holin s hmotou*.

V posledním sledovaném roce 2012 již celková plocha změn nedosáhla ani 5 km².

Pokles rozlohy jehličnatého lesa tak, zdá se, není přímým důsledkem orkánu Kyrill, ale vznikl až díky následným procesům. Tomu nasvědčuje i zpožděný nástup nárůstu rozlohy *suchého stojícího lesa*, který mezi lety 2008 a 2011 narostl na podílu rozlohy NP Šumava z 1 % na více než 5,5 %. Po celou dobu vykazuje setrvalou tendenci nárůst ploch *holin*, nejvíce však mezi lety 2006 a 2007. *Polomy* jsou ve větší míře zaznamenány jen v mezi lety 2006 a 2007 a poté již přibývají jen zanedbatelně. Nicméně právě ony tvoří jádra změn krajinného pokryvu v dalších letech. Další změny jsou již méně výrazné, ovšem všechny je zaznamenává Graf 2 a Tabulka 2. Změny rozlohou menších, ale dynamicky se vyvíjejících typů krajinného pokryvu lze najít v Grafu 3.

Vývoj podílu zastoupení typů krajinného pokryvu v NP Šumava 2006 - 2012

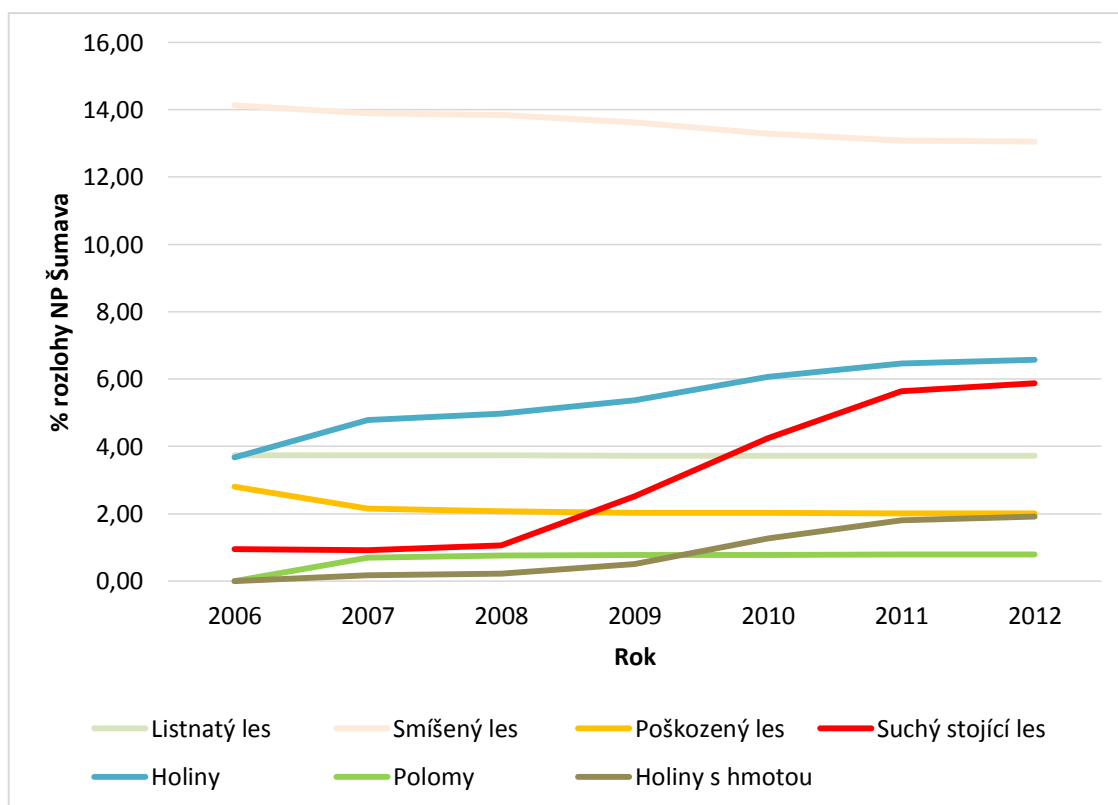


Graf 2: Vývoj zastoupení typů krajinného pokryvu na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

Rok		2006		2007		2008	
Typ krajinného pokryvu	Kód	km ²	% z rozlohy NP	km ²	% z rozlohy NP	km ²	% z rozlohy NP
Zastavěné plochy	1	5,36	0,78	5,32	0,78	5,31	0,78
Jehličnatý les	2	387,09	56,55	380,92	55,65	379,07	55,38
Listnatý les	3	25,63	3,75	25,54	3,73	25,53	3,73
Smíšený les	4	96,68	14,13	95,14	13,90	94,80	13,85
Poškozený les	5	19,14	2,80	14,71	2,15	14,22	2,08
Suchý stojící les	6	6,45	0,94	6,29	0,92	7,22	1,05
Holiny	7	25,10	3,67	32,69	4,78	34,03	4,97
Louky	8	83,42	12,19	83,33	12,17	83,27	12,17
Sukcese	9	14,87	2,17	13,95	2,04	13,70	2,00
Mokřady	10	18,14	2,65	18,14	2,65	18,14	2,65
Skály	11	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01
Vodní plochy	12	2,51	0,37	2,51	0,37	2,50	0,37
Polomy	13	0,00	0,00	4,73	0,69	5,15	0,75
Holiny s hmotou	14	0,00	0,00	1,17	0,17	1,48	0,22
Celkem		684,5	100,0	684,5	100,0	684,5	100,0

Rok	2009		2010		2011		2012	
Kód	km ²	% z rozlohy NP	km ²	% z rozlohy NP	km ²	% z rozlohy NP	km ²	% z rozlohy NP
1	5,29	0,77	5,26	0,77	5,25	0,77	5,25	0,77
2	366,62	53,56	347,46	50,76	333,23	48,68	330,37	48,27
3	25,50	3,73	25,48	3,72	25,44	3,72	25,43	3,72
4	93,21	13,62	90,99	13,29	89,58	13,09	89,36	13,06
5	13,92	2,03	13,85	2,02	13,81	2,02	13,81	2,02
6	17,23	2,52	29,05	4,24	38,56	5,63	40,20	5,87
7	36,71	5,36	41,51	6,06	44,25	6,47	44,96	6,57
8	83,21	12,16	83,16	12,15	83,13	12,14	83,12	12,14
9	13,35	1,95	13,16	1,92	12,90	1,88	12,87	1,88
10	18,12	2,65	18,10	2,64	18,07	2,64	18,06	2,64
11	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01
12	2,50	0,36	2,49	0,36	2,48	0,36	2,48	0,36
13	5,25	0,77	5,28	0,77	5,43	0,79	5,44	0,79
14	3,50	0,51	8,63	1,26	12,31	1,80	13,07	1,91
	684,5	100,0	684,5	100,0	684,5	100,0	684,5	100,0

Tabulka 2: Vývoj krajinného pokryvu na území NP Šumava v letech 2006 - 2012. Vlastní zpracování na základě dat Správy NP a CHKO Šumava.



Graf 3: Vývoj změn méně zastoupených a změnových typů krajinného pokryvu na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

4.2 Dynamika krajiny: *land cover flows* 2006 - 2012

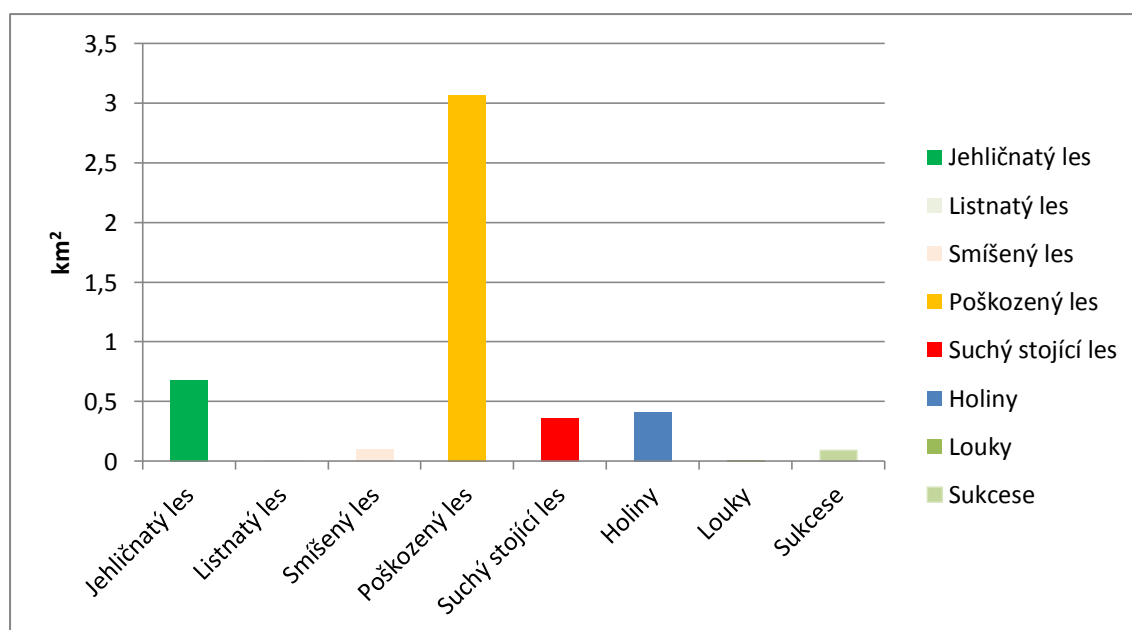
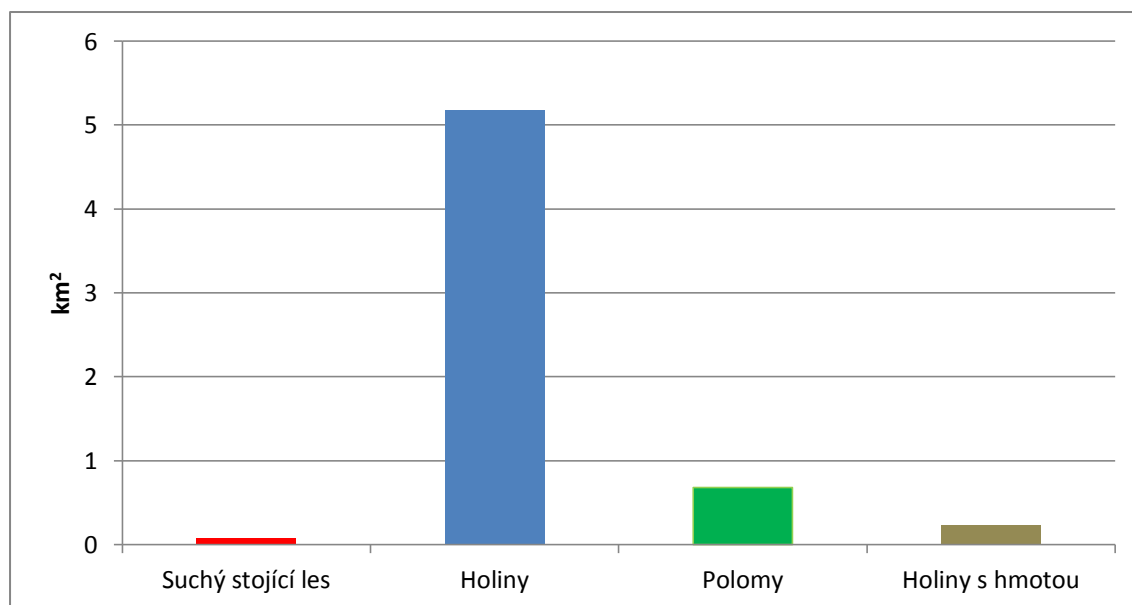
V rámci této kapitoly budou detailně popsány změny krajinného pokryvu, které se v každém meziročním období udály. Pro přehlednost a srovnatelnost bude mít každá kapitola stejnou strukturu skládající se z grafu a popisu hlavních změn. Jelikož nejvýznamnější změny proběhly v *jehličnatém lese*, bude graf vyjadřovat změny (*land cover flows*) z něho do dalších typů. Celkově se jedná o 77 % rozlohy veškerých změn za sledované období (56,72 km² ze 74,09 km² celkové změny). Výjimkou je první rok, kdy působila nejvíce větrná disturbance, která má zásadní roli na změny v tomto časovém horizontu. Proto bude věnována pozornost i přírůstku *polomů*.

K takovému způsobu prezentace výsledků bylo přistoupeno kvůli vědomí důležitosti vztahu mezi původním a stávajícím (změněným) typem krajinného pokryvu a naplnění podstaty *land cover flows*, kdy není důležitý jen výsledný typ krajinného pokryvu ale i proces, který k proměně vede.

4.2.1 Dynamika krajinného pokryvu 2006 - 2007

V prvním sledovaném roce ubylo více než 10 km² lesa, zejména lesa *jehličnatého* a *poškozeného* (Graf 4 a 5). Tento úbytek byl mimo jiné zapříčiněn orkámem Kyrill, který znamenal vytvoření nových *polomů*. Je patrné, že nějakým způsobem pozměněné lesy v horším zdravotním stavu byly orkámem poškozeny více (Graf 5). Z celkového nárůstu 4,73 km² *polomů* je jich 65 % (3,07 km²) z *poškozeného lesa*. Naopak *listnaté* a *smíšené lesy* zůstaly téměř nepoškozeny. Plošně největší proměnou je vznik nových *holin* s rozlohou 8,24 km², z čehož je přes 5 km² změna z *jehličnatého lesa*.

Graf 4: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2006 - 2007. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.



Graf 5: Polomy - příspěvek ke změně z jednotlivých typů krajinného pokryvu na území NP Šumava 2006 - 2007. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.

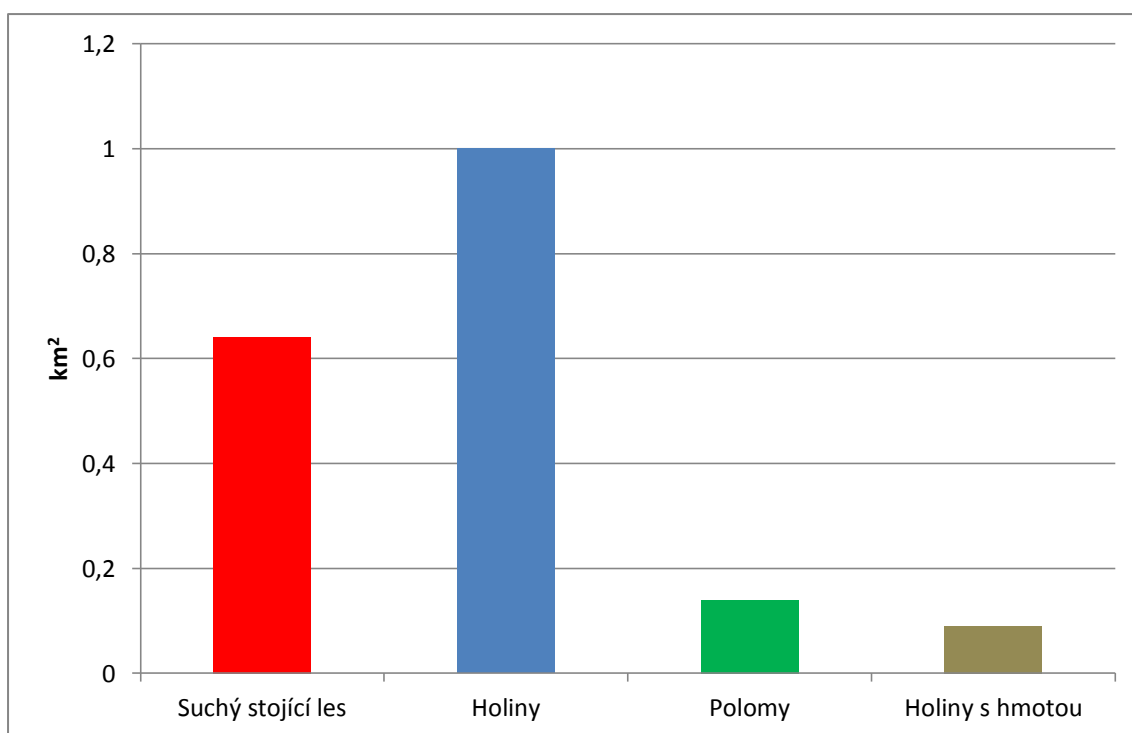
Celkově prošlo proměnou 14,41 km², z toho tvoří 42 % (6,16 km²) úbytek *jehličnatého lesa*. Společně s novými *polomy* je to pak 71 % z celkové rozlohy proměněných ploch.

Z prostorového hlediska jsou nově vzniklé *holiny* i *polomy* vysoce shlukované (pozorování a analýza se statisticky významnou p-hodnotou a kladným z-skórem – je tedy možné zamítnout nulovou hypotézu neshlukování - *High/Low Clustering (Getis-Ord General G)* v ArcGIS). *Polomy* se také často vyskytují v blízkosti již dříve vzniklých *holin*, které nejspíše umožnily zrychlené proudění větru a částečně zapříčinily vznik *polomů*. Stejně tomu je u nejrozsáhlejší plochy *polomů* v severozápadní části

území v blízkosti hory Polom. Dále jsou výraznější plochy *polomů* lokalizovány v oblasti Poledníku (centrální část NP Šumava) a u hory Třístoličnick v jihovýchodní části parku. Dominantně mají původ z *poškozeného lesa* (Příloha 8.2). Ač jsou *holiny* shlukované, tvoří nikde souvislejší plochu. Prostorově nejvýznamnější změny z *jehličnatého a poškozeného lesa* zaznamenává mapa v Příloze 8.2.

4.2.2 Dynamika krajinného pokryvu 2007 - 2008

Mezi lety 2007 a 2008 probíhaly změny řádově menší. Celkově jen 3,22 km². Nejvýznamnější úbytek byl zaznamenán u *jehličnatého lesa* (1,87 km², 58 %). Nejvíce se proměnil v *holiny* (1 km² z celkového přírůstku 1,53 km² *holin*). Rostla i rozloha *suchého stojícího lesa* (Graf 6). V rámci rozlohy NP Šumava se jednalo spíše o změny zanedbatelné. Z prostorového hlediska se především rozšiřovaly kompaktní plochy *holin*, když nově vzniklé přímo doléhaly k těm přetrvávajícím z let minulých.



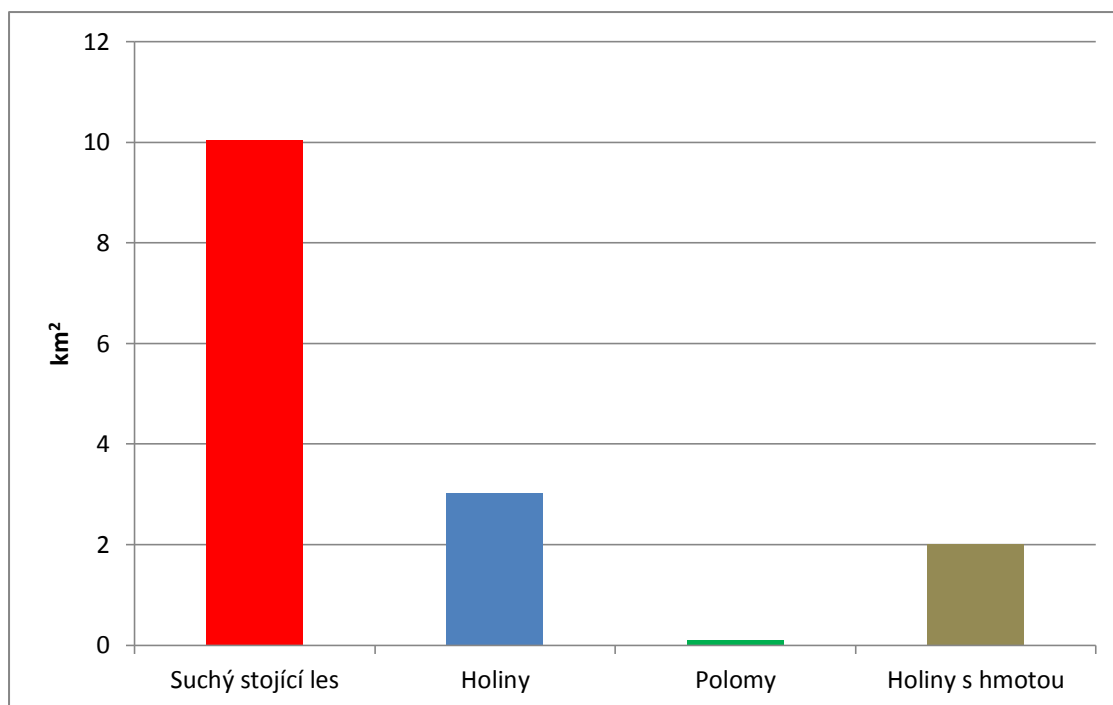
Graf 6: Změny krajinného pokryvu z *jehličnatého lesa* na území NP Šumava 2007 - 2008. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.

4.2.3 Dynamika krajinného pokryvu 2008 - 2009

Po klidném roce lze pozorovat o to větší změny mezi roky 2008 a 2009. Pokračuje v celém období převažující trend patrného poklesu podílu *jehličnatého lesa* (zmenšení o 12,43 km²). Ten se nadále znásobuje. Celkově se přeměnilo 15,17 km² a právě v 82 % jde o přeměnu z *jehličnatého lesa*. Zároveň nastupuje trend nový - nárůst *suchého stojícího lesa* (celkem 10,03 km², z *jehličnatého lesa* 8,27 km²). Dále přibývají *holiny* a *holiny s hmotou*, bezvýznamný je přírůstek *polomů* (Graf 7).

Dominující přeměna na *suchý stojící les* prostorově kopíruje místa, na kterých vzniklo mezi roky 2006 a 2007 nejvíce *polomů*. V případě lokality Polom vznikl *suchý*

stojící les na místech bez zásahu těžbou (na místech, které se nestaly *holinami*) (Příloha 8.2). Oblast výskytu nového *suchého stojící les* je relativně kompaktní. Naopak z okolí hory Poledník se *suchý stojící les* rozšířil směrem na jihovýchod směrem do okolí Modravy a tvoří více roztroušený prostorový vzorec navazující na již stávající plochy *suchého stojícího lesa*. V lokalitě Třístoličnicku byla již v roce 2006 velká část lesa klasifikována jako *suchý stojící les* a další změna již není tak velká (Příloha 8.1 a 8.2). Proto je v mapě (Příloha 8.2) zobrazena jak rozloha *suchého stojícího lesa*, tak dynamická složka – změny z *jehličnatého lesa*.



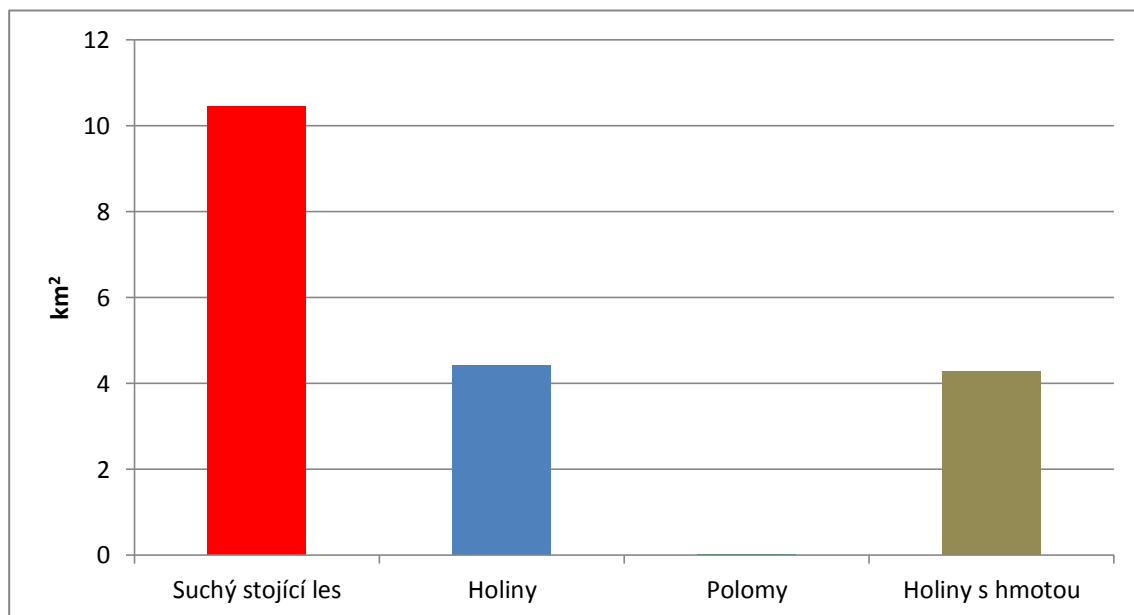
Graf 7: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2008 - 2009. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.

4.2.4 Dynamika krajinného pokryvu 2009 - 2010

Mezi lety 2009 a 2010 došlo k prohloubení započatého trendu do jeho maxima. Ubylo ještě více *jehličnatého lesa* (19,17 km²). Nejvíce narostl *suchý stojící les* (11,82 km²). Méně pak *holiny* (5,01 km²) a *holiny s hmotou* (5,12 km²). Jedná se o největší nárůsty těchto tří typů krajinného pokryvu za celé období. Naprostá většina těchto nárůstů (87 %) proběhla změnou z *jehličnatého lesa* (Graf 8).

V centrální části Šumavy (Poledník a Modravské slatě) přibývalo *suchého stojícího lesa* nejvíce (Příloha 8.1). Zejména okolo míst, kde se již pokryv *suchého stojícího lesa* nacházel v předchozích letech. Dynamika na jihovýchodě území (Třístoličnick) se naopak téměř zastavila a ani v okolí Polomu již mnoho ploch *suchého stojícího lesa* nevznikalo (Příloha 8.2). Tam se jednalo spíše o nové *holiny s hmotou*, které měly nejspíše další šíření *suchého stojícího lesa* zastavit. Znovu lze pozorovat dynamiku okolo ploch *suchého stojícího lesa* (Příloha 8.2).

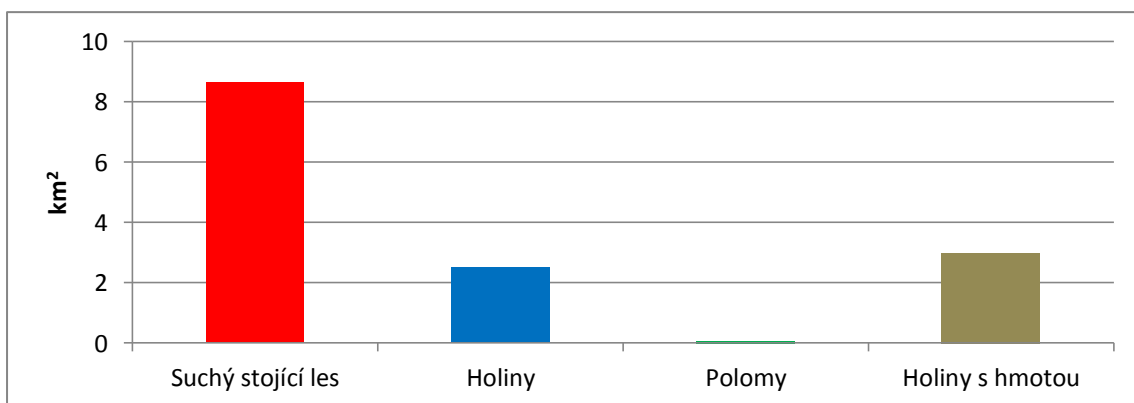
Suchý stojící les pronikal více do vnitrozemí Česka a v další zóně k němu z vnitrozemí přiléhají plochy přeměněné na *holiny s hmotou* (tento vzorec je zřetelnější v severní polovině parku) nebo *holiny*, které jsou více roztroušené a nenavazují tak jasně jako *holiny s hmotou* na *suchý stojící les*.



Graf 8: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2009 - 2010. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.

4.2.5 Dynamika krajinného pokryvu 2010 - 2011

V předposledním sledovaném kroku mezi lety 2010 a 2011 započatý trend stále trvá, ale snižuje se jeho intenzita. *Jehličnatého lesa* ubylo meziročně 14,23 km², to tvoří 88 % z celkové plochy přeměny. Poměrově zůstaly změny z *jehličnatého lesa* více méně stejné (Graf 9). Méně přibývá *holin* (2,81 km²) a více se objevují *holiny s hmotou* (3,68 km²), u obou kategorií tedy zhruba o 5 km² méně než v předcházejícím období.



Graf 9: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2010 - 2011. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.

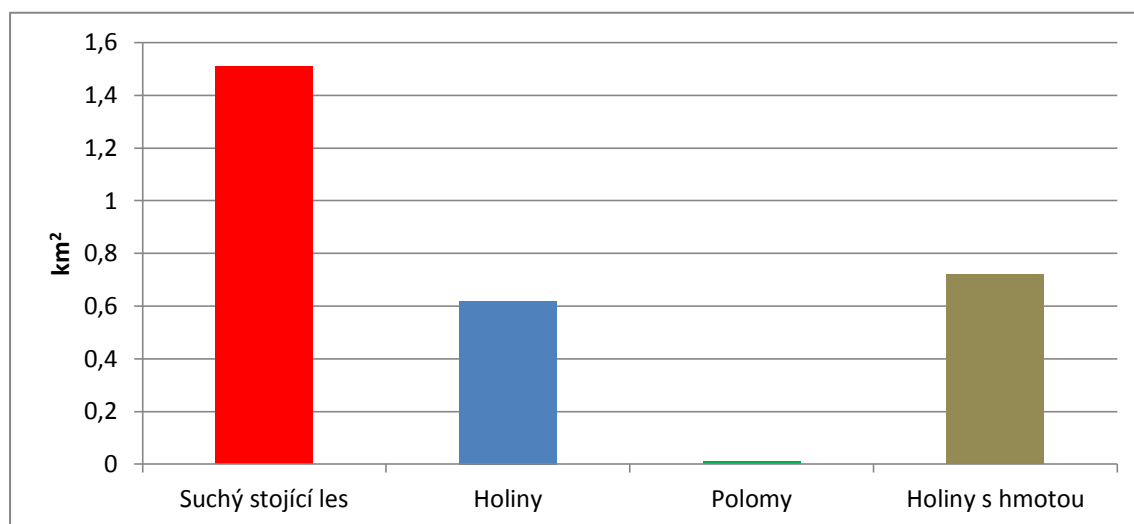
Prostorově se procesy proměny koncentrovaly do okolí Modravy (Příloha 8.2), jinde již mnoho proměn neprobíhalo. Rozpad *jehličnatého lesa* a jeho změna na *suchý stojící les* postupovala dále směrem do vnitrozemí, kde zaznamenával stále velké nárůsty.

Holiny a holiny s hmotou jsou poměrně více roztroušené, ale stále ony i *suchý stojící les* tvoří prostorový vzorec se statisticky významným shlukováním (p-hodnota a z-skóre *High/Low Clustering (Getis-Ord General G)* v ArcGIS). Často tvoří lem postupující přeměny *jehličnatého lesa* v *suchý stojící les* směrem do vnitrozemí Česka (Příloha 8.2). K *suchému stojícímu lesu* nejčastěji přiléhají *holiny s hmotou* a dále ve vnitrozemí *holiny*.

4.2.6 Dynamika krajinného pokryvu 2011 – 2012

V posledním sledovaném období mezi roky 2011 a 2012 se rozlohy změn významným způsobem zmenšily, jsou srovnatelné s meziroční změnou rozlohy mezi roky 2007 – 2008. Končí tedy velkoprostorové změny odehrávající se mezi lety 2008 a 2011. Meziročně se jedná jen o 3,14 km², trvá však dominance změn z *jehličnatého lesa*. Dokonce se neustále zvětšuje a jde o 91 % z celkového součtu ploch přeměn. *Suchý stojící les* vznikl na 1,65 km², *holiny* na 0,71 km² a *holiny s hmotou* na 0,77 km².

Prostorový trend a hlavní *land cover flows* však zůstaly zachovány – změny postupují dále do vnitrozemí a v první řadě jde o přeměnu *jehličnatého lesa* na *suchý stojící les* v okolí Modravy, méně pak na *holiny* a *holiny s hmotou* (Graf 10, Příloha 8.2).



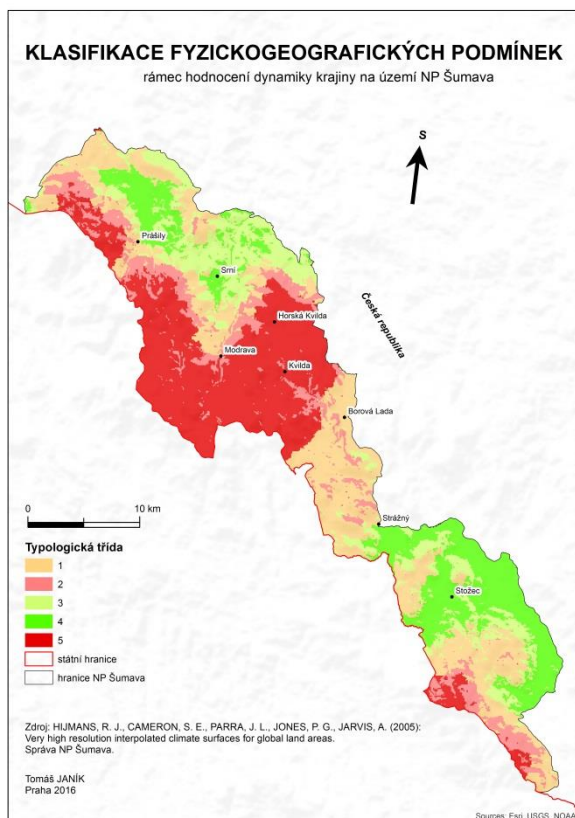
Graf 10: Změny krajinného pokryvu z jehličnatého lesa na území NP Šumava 2011 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava, zpracování v LCM.

4.2.7 Zhodnocení: Dynamika krajinného pokryvu 2006 - 2012

Pro celkové zhodnocení je zajímavé porovnat změny v rozlohách bez a s prvním sledovaným rokem, kdy působil orkán Kyrill jako iniciace dalších změn. Hlavní rozdíl je mezi výraznou změnou typů krajinného pokryvu charakterizující narušený les v první fázi (2006 – 2007) v *polomy* a výrazně také v *holiny*. Až poté, s roční pauzou, od roku 2008 postupně začaly převládat rozlohou i podílem změny z *jehličnatého lesa*. Převažovaly nové *suché stojící lesy* a v podobných rozlohách narůstaly *holiny* a *holiny s hmotou*. *Polomy* již významněji nepřibývaly.

4.3 Hodnocení změn v jednotlivých geografických rámcích

Pro zjištění prostorové distribuce změn byly vybrány rámce, ve kterých se změny



dále hodnotily. Byly vždy vybrány nejvýznamnější *land cover flows* – tedy změny *z jehličnatého lesa v suchý stojící les, holiny a holiny s hmotou* většinou doplněné o informaci o změně *v polomy* za první období sledované období. Ty byly pak sledovány za celé období. Trend v prostorovém rozmístění se mezi jednotlivými typy příliš neproměnil, proto bylo možné vytvořit grafy, které agregují součty změněných ploch za celé sledované období bez ztráty vypovídající hodnoty. Rozlohy jsou zachyceny jak v absolutních číslech, tak, pokud to přináší novou informaci, byly pro srovnatelnost vyděleny rozlohou typu fyzickogeografického prostředí a zobrazující tak výsledky km² změny na km² typu.

Obrázek 2: Fyzickogeografická typologie území NP Šumava. Janík, 2014.

4.3.1 Hodnocení v rámci fyzickogeografické typologie

Fyzickogeografická typologie komplexně popisuje území a rozčleňuje jej na pět částí pomocí klastrové analýzy, do které vstupovaly proměnné charakterizující klimatické podmínky a reliéf (Obr. 2, Příloha 8.3, Tab. 3). Díky tomu lze dát do souvislosti probíhající změny krajinného pokryvu s širšími prostorovými vztahy v území a analyzovat dynamiku proměn v jednotlivých typech fyzickogeografického prostředí.

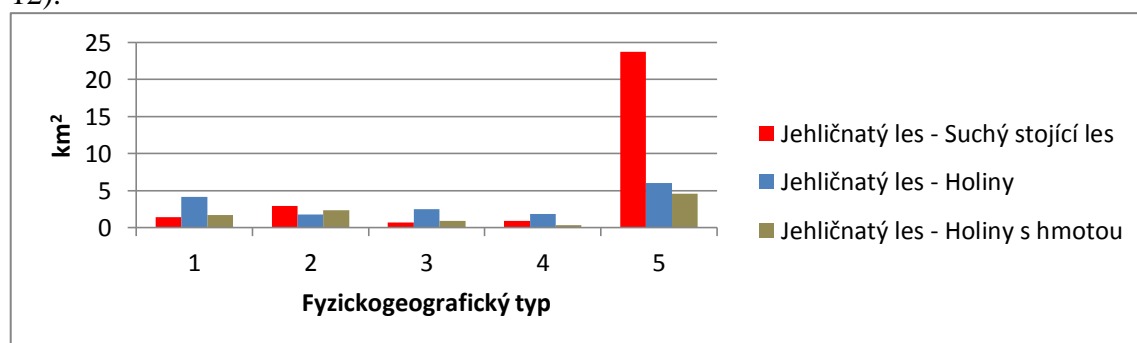
Typ	Průměrná nadmořská výška	Průměrná sklonitost (°)	Roční úhrn srážek (mm)	Rozloha (km ²)
1	932,2	7,67	1090,1	182,5
2	1048,9	14,32	1139,5	78,9
3	845,76	12,27	1025,4	103,9
4	778,94	4,21	1016,5	125,0
5	1141,3	6,65	1187,1	194,0

Tabulka 3: Charakteristiky typů fyzickogeografické typologie. Vlastní zpracování, 2016.

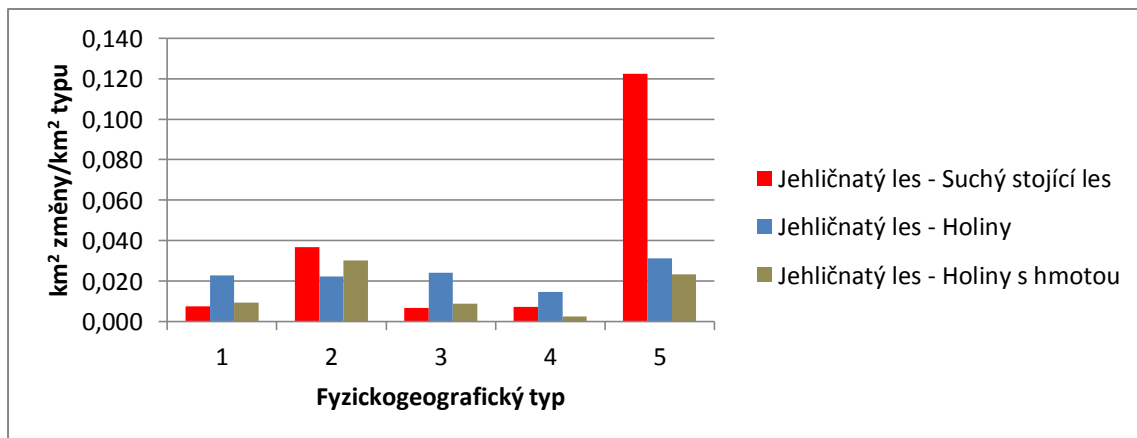
Zmíněná změna *z jehličnatého lesa* neobsahuje úvodní důležitý proces vytvoření *polomů* převážně *z poškozeného lesa*. Ten se odehrál zejména (75 %) v nejvýše položené centrální části Šumavy, kterou pokrývá typ číslo pět. Hodnoceno na velikost

typu zasáhly *polomy* významně také druhý nejvýše položený menší typ dvě (absolutně 19 % z nárůstu *polomů* z *poškozeného lesa* v letech 2006 - 2007). Oba typy (pět a dva) fyzickogeografické typologie se významně liší sklonitostí, dá se proto předpokládat, že ta ve výskytu *polomů* nehrála významnější roli, naopak se jedná o dva nejvýše položené typy, to znamená, že nadmořská výška může být důležitým faktorem prostorové distribuce *polomů*.

Plošně nejrozsáhlejší změny z *jehličnatého lesa* se staly v typu označeném číslem pět – např. 84 % rozpadu *jehličnatého lesa* mezi roky 2009 - 2010 (Graf 11). A to jak absolutně, tak v případě změn na km² typu. Dominantním procesem je vznik *suchého stojícího lesa*. Ač je z map krajinného pokryvu (Příloha 8.1) zřejmý posun jeho nových ploch dále do vnitrozemí, prakticky se z hlediska typů fyzickogeografického prostředí nejedná za celé období o jiné prostředí než to definované typem číslo pět pokrývající relativně ploché centrální části NP Šumava. Druhé největší změny na km² jsou zaznamenány u typu dvě. Rozložení lesnických zásahů formou tvorby *holin* je, měřeno na plochu, relativně vyrovnané ve všech typech, vyšší variabilitu pak mají *holiny s hmotou*. Na území typu dvě došlo k nejvíce zásahům tohoto druhu, nejspíše šlo o opatření, která měla zabránit dalšímu šíření *suchého stojícího lesa* do nižších nadmořských výšek (Graf 12).



Graf 11: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci fyzickogeografické typologie na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.



Graf 12: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa na km² v rámci fyzickogeografické typologie na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

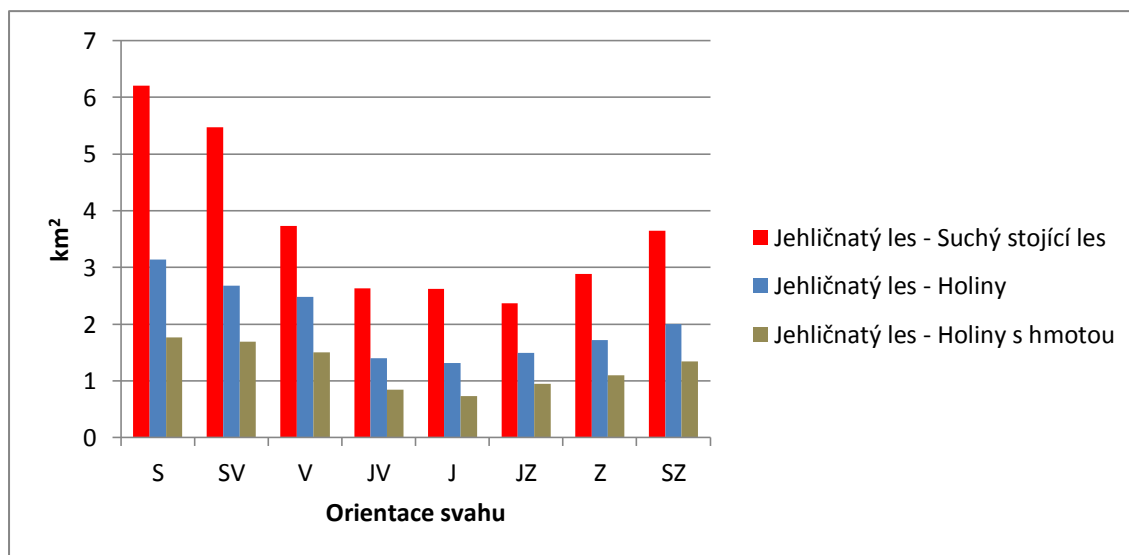
4.3.2 Hodnocení v rámci orientace povrchu

Charakteristiky reliéfu mohou pomoci objasnit zákonitosti dynamiky krajinného pokryvu. Studie často zmiňují souvislost mezi gradací rozšíření lýkožrouta smrkového a orientací svahu, přičemž nejčastěji jde o jižní svahy (např. Sproull et al. 2015). Z digitálního modelu terénu byla pořízena mapa orientace svahů a rozčleněna do osmi skupin podle světových stran (Příloha 8.3, Tab. 4). Těchto osm kategorií tvořilo rámec pro hodnocení, kde změny typů krajinného pokryvu probíhaly nejvíce.

Stupně (°)	Světové strany	Rozloha (km ²)	Kód světové strany
337,5 - 22,5	Sever	140,35	1
22,5 - 67,5	Severovýchod	116,47	2
67,5 - 112,5	Východ	93,65	3
112,5 - 157,5	Jihovýchod	62,64	4
157,5 - 202,5	Jih	58,25	5
202,5 - 247,5	Jihozápad	66,50	6
247,5 - 292,5	Západ	72,54	7
292,5 - 337,5	Severozápad	73,77	8

Tabulka 4: Rozdělení reliéfu podle jeho orientace. Vlastní zpracování podle dat Správy NP a CHKO Šumava.

V absolutních číslech jsou dominantně zasaženy změnou typu krajinného pokryvu svahy orientované na sever. A to jak v případě iniciace a vzniku *polomů*, tak následných změn z *jehličnatého lesa*. Lýkožrout, jehož gradace souvisí s novým *suchým stojícím lesem*, zřejmě nezměnil v ohledu na orientaci svá stanoviště v průběhu sledovaného období. Lze tak vypožorovat přímější souvislost mezi iniciací (vznikem *polomů*) a dalšími fázemi, jelikož se všechny dějí na stejně orientovaných svazích (Graf 13). Podobně výskyt *holin* a *holin s hmotou* na stejně orientovaných svazích jen kopíruje *suchý stojící les*, jelikož jsou to lidské zásahy, které reagují na dynamiku přírodních procesů (*polomy* a následný vznik *suchého stojícího lesa*). Hodnocení změn na jednotku plochy (viz rozloha v Tab. 4) naopak jasný prostorový vzorec neukazuje a změny jsou ve všech osmi rámcích srovnatelné.



Graf 13: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci orientace svahů na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

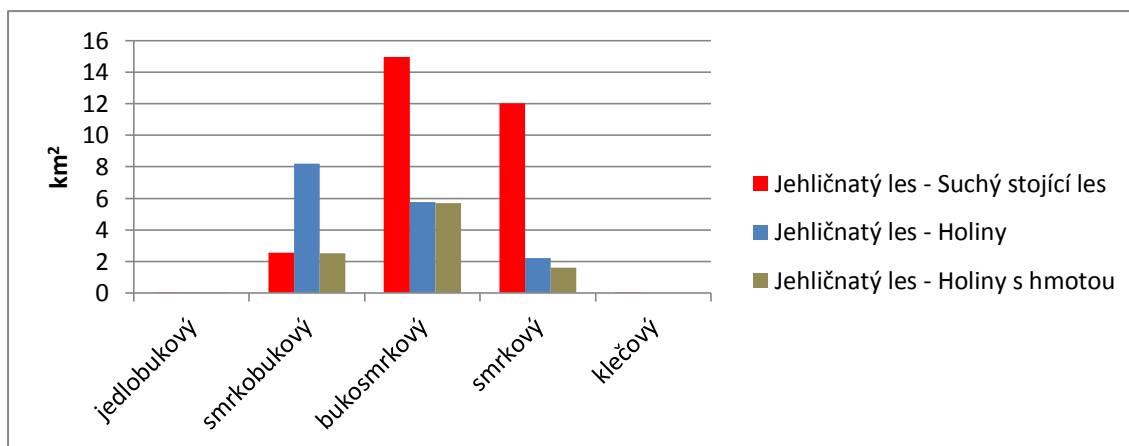
4.3.3 Hodnocení v rámci nadmořské výšky podle lesních vegetačních stupňů

Již v hodnocení podle fyzickogeografických typů krajiny se distribuce změn výrazně odlišovala podle nadmořské výšky, ta byla ale jen jednou z proměnných tvořící finální charakteristiku typu krajinného pokryvu. Zde bude figurovat jen nadmořská výška. Jako spojitá proměnná byla nakonec rozdělena podle lesních vegetačních stupňů (Plíva, 1987), jelikož v jejich rámci probíhají v lesních ekosystémech jiné procesy (Matějka, 2013). V Tabulce 5 lze najít rozdělení a rozlohy stupňů. Mapa je v Příloze 8.3.

Lesní vegetační stupeň	Výška	Rozloha (km ²)
5 jedlobukový	600 - 700	2,35
6 smrkobukový	700 - 900	257,89
7 bukosmrkový	900 - 1050	214,22
8 smrkový	1050 - 1350	92,95
9 klečový	1350 - 1378	4,25

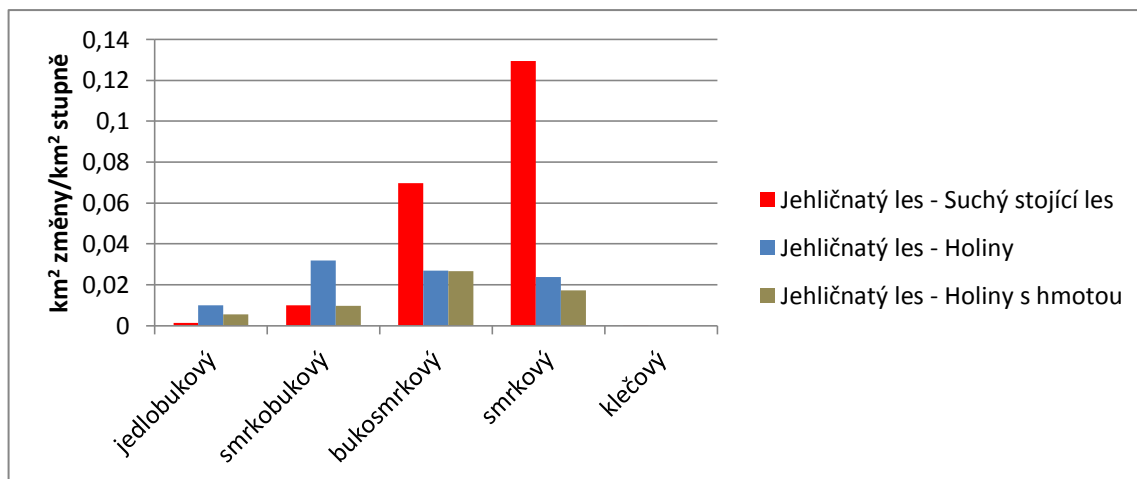
Tabulka 5: Lesní vegetační stupně na území NP Šumava. Zdroj: Podle Plívy (1987), data Správa NP a CHKO Šumava.

Potvrzuje se, že *polomy z poškozeného lesa* vznikly v nejvyšší míře ve smrkovém stupni a následně *suchý stojící les* vznikal z *jehličnatého lesa* v bukosmrkovém a smrkovém stupni. Absolutně nejvíce v rozlehlém bukosmrkovém stupni, nicméně v hodnocení na km² nejvíce ve vyšším smrkovém stupni. V tomto hodnocení na km² je zřejmý výškový gradient, kdy s klesající výškou ubývá *suchého stojícího lesa* a naopak přibývá *holin* až do smrkobukového stupně, i když jejich distribuce je v rámci stupňů



Graf 14: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci lesních vegetačních stupňů na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

mnohem vyrovnanější. Nejvíce *holin s hmotou* lze najít ve stupni bukosmrkovém. Jedná se tedy o podobné uspořádání jako u fyzickogeografických typů, kdy se v nejvyšších polohách setkáme nejčastěji se *suchým stojícím lesem* a následně směrem níže do vnitrozemí přibývá *holin s hmotou* a *holin* (Graf 14 a 15).



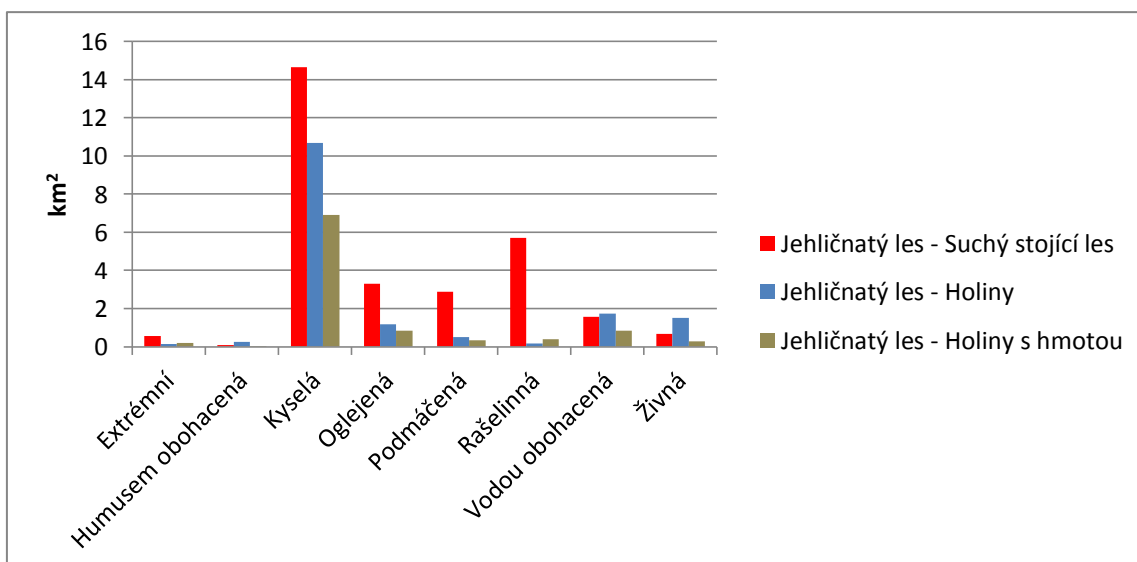
Graf 15: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa na km² v rámci lesních vegetačních stupňů na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava

4.3.4 Hodnocení v rámci ekologických řad

Ekologické řady vyjadřují růstové podmínky, a to zejména podle půdních vlastností. Tento rámec tedy poskytuje informaci, v jakých podmínkách docházelo ke změnám. Na území NP Šumava lze najít celkem osm typů ekologických řad (Příloha 8.3, Tab. 6).

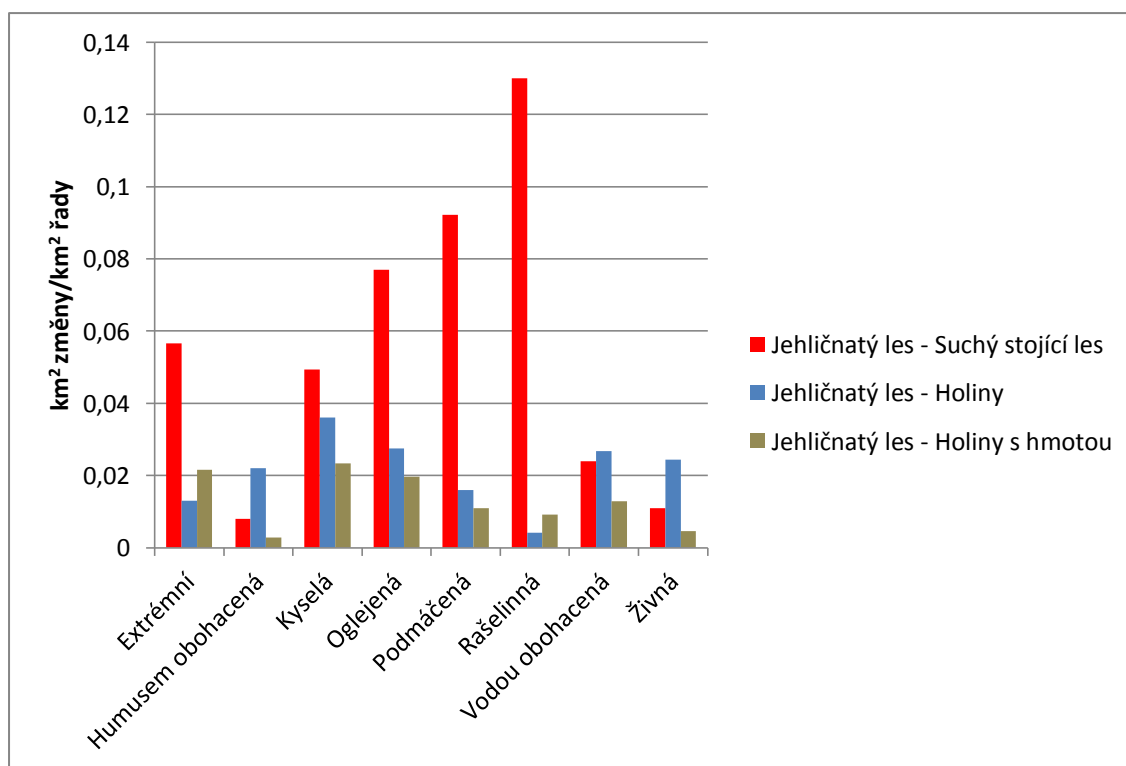
Ekologická řada	Rozloha (km ²)
Extrémní	9,8
Humusem obohacená	11,27
Kyselá	296,8
Oglejená	42,96
Podmáčená	31,2
Rašelinná	43,88
Vodou obohacená	65,04
Živná	61,67

Tabulka 6: Ekologické řady na území NP Šumava. Zdroj: podle Plívy (1987), data Správa NP a CHKO Šumava.



Graf 16: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci ekologických řad na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

Rozlohou dominuje plocha kyselé ekologické řady, a to se projevuje i na výsledcích (Graf 16). Největší objem změn se odehrává právě tam. Z pohledu na změny na km² je patrný jiný obrázek. Nejvíce *polomů* vzniklo na ploše extrémní ekologické řady s nejtěžšími podmínkami pro vegetaci (0,012 km² na km² změn z *poškozeného lesa*). Následně vznikal na chudších stanovištích *suchý stojící les*. Tyto stanoviště spadaly do ekologických řad extrémních, oglejených, podmáčených a rašelinných. Obohacené a živné řady zaznamenaly změn nejméně (Graf 17). *Holiny* a *holiny s hmotou* jsou rozloženy mezi jednotlivé typy daleko rovnoměrněji než zmíněný *suchý stojící les*. Takový trend zůstává neměnný po celé sledované období, proměňuje se jen distribuce nových ploch *suchého stojícího lesa* mezi plochy ekologických řad, kdy se z původně dominující extrémní řady (kde došlo i k největším *polomům* na km²) rozšiřuje dále a zvětšuje rozlohu v kyselé, oglejené, podmáčené a zejména rašelinné ekologické řadě.



Graf 17: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa na km² v rámci ekologických řad na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

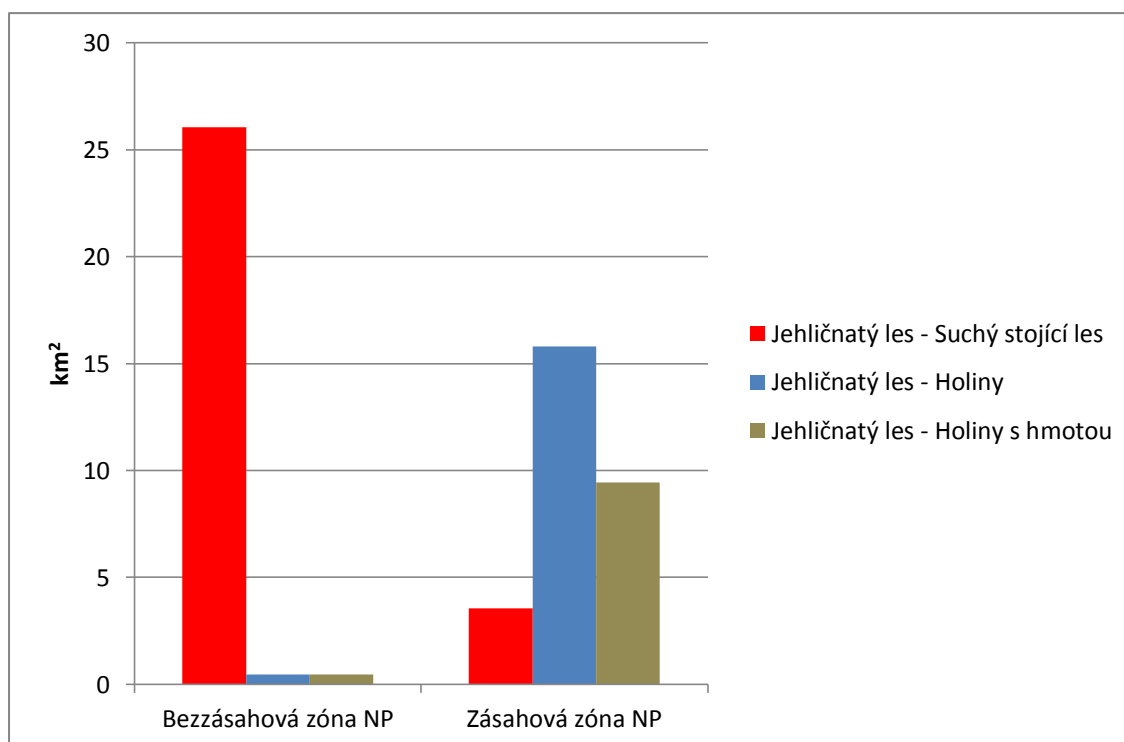
4.3.5 Hodnocení v rámci zásahového a bezzásahového území

Z hlediska managementu chráněného území, NP Šumava, bylo přistoupeno k analýze, která ukáže, jaké procesy probíhaly v oblastech, které jsou ponechány více méně bez činnosti člověka a ty, do kterých člověk svými aktivitami zasahuje. Území NP Šumava bylo rozděleno podle managementu do dvou částí – se zásahy člověka a území bezzásahové (Příloha 8.3, Tab. 7).

Management	Rozloha (km ²)
Bezzásahová zóna NP	166,93
Zásahová zóna NP	517,56

Tabulka 7: Rozlišení managementu na území NP Šumava. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

Polomy převážně v roce 2006 – 2007 vznikly z *poškozeného lesa* v bezzásahové zóně (2,95 km²) a od toho se odvíjí další procesy. Přírozená větrná disturbance následovaná gradací lýkožrouta vyústí z našeho pohledu ve změnu *jehličnatého lesa* na *suchý stojící les*, která naprosto převažuje v bezzásahovém území. Naopak v místech, kde je umožněn lidský zásah, dochází k tvorbě nových *holin* a *holin s hmotou*. Absolutní součty nebo součty po vážení rozloh změny rozlohou zóny se tentokrát v podstatě neliší a oba grafy ukazují na velmi rozdílné procesy probíhající v bezzásahové zóně a v místech, kde je management umožněn (Graf 18). V průběhu sledovaného období nedošlo k zásadním změnám trendu.



Graf 18: Změny v krajinném pokryvu z jehličnatého lesa v rámci oblastí s různě uplatňovaným managementem na území NP Šumava 2006 - 2012. Zdroj: Správa NP a CHKO Šumava.

5 DISKUZE

5.1 Metodika a Výsledky

Z výsledků jsou zřejmé hlavní *land cover flows* i distribuce procesů ve zvolených prostorových rámcích. Mezi další způsob zpracování, který lze využít v budoucích výzkumech, je převrácení použité logiky – zaměřit se na vybrané území např. nejvýrazněji postihnuté změnou typu krajinného pokryvu, popřípadě gradací lýkožrouta, a to pak popsat pomocí proměnných do statistického modelu (Mezei et al., 2014). Vzhledem v literatuře hojně popisovanému vlivu teploty (Lausch et al., 2011) je právě i rozšíření palety zkoumaných vlivů ovlivňující dynamiku krajiny dalším možným směrem bádání.

Otázkou jsou i samotná použitá data. Bohužel k nim nejsou dostupná metadata, která by ozřejmila některé nepřesnosti a jasně definovala jednotlivé typy krajinného pokryvu. Z dostupných informací je známo, že první vrstvu zpracovávala pro Správu NP a CHKO Šumava společnost GEODIS, další pak vznikaly jen pod dohledem pracovníka GEODISu na Správě NP a CHKO. To by mohlo vysvětlovat, proč byl původně typ krajinného pokryvu *poškozený les* klasifikován jako *odumřelý ležící les*. Ten by ale nemohl být postihnut *polomy*, jako se tomu podle dat stalo.

Podrobnější informace o datech a pokračování datové řady do dalších let mohou přinést mnoho zajímavých informací nejen pro studium dynamiky krajiny, ale také jako data vhodná pro hydrologické výzkumy srážko-odtokových procesů či pro správné rozhodování týkající se managementu NP Šumava. Další časové horizonty by již mohly obsahovat nové typy krajinného pokryvu popisující postupující obnovu lesních ekosystémů, která by v tomto makroměřítku přinášela novou informaci a logicky pokračovala v započatém výzkumu.

Pro správnou interpretaci výsledků je vhodné kombinovat náhled mikro a makro měřítka. Z výsledků práce vyplývá, že se změna šířila v kompaktních shlucích (Příloha 8.2). Detailnější pohled však může ukázat i jiný komplementární obrázek. Na úrovni jednotlivých stromů se lze dozvědět, s jakou variabilitou se vyvíjely v průběhu působení disturbance (Janda et al., 2014). Pro to je potřeba studovat jak zřejmé prostorové trendy, tak dynamiku na úrovni jednotlivců, která velmi ovlivňuje následnou obnovu lesa (Jonášová, Prach, 2004) a stejně tak i dynamiku rozpadu z detailního měřítka, která tvoří charakteristické kruhové plochy odumřelých stromů napadených kůrovcem (Kindlmann et al., 2013).

5.2 Srovnání výsledků: NP Šumava

Na území NP Šumava se potvrdila teoretická koncepce disturbance jako pulzů (Bengtsson et al., 2003). Prvním pulsem byla krátká větrná disturbance, která způsobila zejména změny v již poškozeném lese a změnila krajinný pokryv v *polomy*. Dále trvajícím pulsem s větší setrvačností v kontextu sledovaného období je pak degradace

lesního prostředí způsobená lýkožroutem, která působí plošně změny několikrát většího rozsahu.

Typické disturbance pro horský les středoevropských pohoří (větrné disturbance a napadení hmyzími škůdci) nejsou fenoménem jen posledních let. Podobně se tomu tak dělo i dříve a to nejen na malých plochách ale podobně jako ve sledovaném období na velkých plochách (Svoboda et al., 2012). Zaznamenána je například disturbance v letech 1868 – 1870 na území NP Šumava. Ukazuje, že podobně jako dnes byl disturbancí nejvíce zasažen *jehličnatý les* (a smíšený les s převahou jedle a smrku), a to v absolutních i relativních číslech. Menší rozlohy zaujímal, ale i menší poškození disturbancí podléhal v 19. století i nyní *les smíšený* a *listnatý* (Brůna et al., 2013 a Graf 3). Z charakteristik testovaných Brůnou et al. (2013) či Jandou et al. (2014) nebylo v této práci využito stáří stromů, důležitá vysvětlující proměnná modelu.

Z hodnocení proměn v rámci fyzickogeografických typů a LVS (Graf 11 a 14) vyplývá jen velmi malý posun hlavních disturbancí z nejvyšších poloh do nižších. V případě události z let 1868 - 1870 byly nejvíce zasaženy polohy okolo 1000 m n. m. Výškou 1050 m n. m. je definována spodní hranice 8. smrkového LVS (Plíva, 1987), kde byl les ve sledovaném období nejvíce zasažen *polomy* a v přepočtu na km² i přeměnou na *suchý stojící les* (Graf 14). Nejvíce změn se také v kontextu rámce fyzickogeografických typů krajiny odehrálo v typu pět definovaným průměrnou nadmořskou výškou 1187 m n. m., zabírajícím nejvyšší partie pohoří (Graf 11). V události popisované Brůnou et al. (2013) totiž hrálo roli, že nejvyšší polohy sledovaného území byly porostlé mladšími stromy, které nepodlehly větrné disturbance. Následná gradace lýkožrouta způsobila změnu 50 % celkové rozlohy. V případě sledovaného období je poměr ještě větší, pokud bereme jako následek vichřice plochu *polomů* a jako následek gradace lýkožrouta nárůst ostatních ploch (*suchý stojící les*, *holiny*, *holiny s hmotou*) (Graf 2). Hrát roli tu může výskyt kůrovce již před orkámem Kyrill (Jonášová, Prach, 2008). V 8. LVS, který byl v průměru na plochu zasažen nejvíce (Graf 15), je pak obnova pozvolnější než v níže položených stupních, na druhou stranu, právě ve stupni 8 a v části stupni 7 jsou společenstva za přirozeného vývoje stabilní, což neplatí u stupňů nižších, kde se vegetace pod vlivem člověka výrazněji proměňuje (Matějka et al., 2013). Tyto stupně na území parku nebyly tolik disturbancemi a následnými změnami zasaženy (Graf 15).

Lýkožrout se zdaleka nejlépe šíří v jehličnatém lese, to je důvod velké disproporce výškového ovlivnění, tak změn typů krajinných pokryvů (*jehličnatý*, *listnatý*, *smíšený les*). *Smíšený* a *listnatý les* nezměnil své rozlohy ani ve sledovaném období (Graf 3). Podobně tomu bylo v NP Bavorský les, kde se v průběhu disturbance téměř nezměnil podíl třídy krajinného typu listnatých lesů s bukem lesním (*Fagus sylvatica*) (Heurich, 2009). Ve vyšších nadmořských výškách rostoucí *jehličnatý les* je ovlivněn v rámci území zdaleka nejvíce (Brůna et al., 2013; Graf 2). Dopomáhat ke gradaci lýkožrouta může i současný a dále do budoucna předpokládaný růst teplot (Dale et al., 2001; Logan et al., 2003) a také vyšší náchylnost jehličnatého lesa k poškození polutanty ze

znečištěné atmosféry (Grodzinska et al., 2004), nicméně převažující smrk je na regeneraci po velkoplošných rozpadech adaptován např. svým rozmnožováním (Heurich, 2009).

V *suchém stojícím lese* se regeneruje dobře buk lesní. Jeřáb a zejména smrk jsou pak hlavními nositeli obnovy lesního ekosystému vůbec a vyskytují se na všech změnových plochách – *holiny*, *holiny s hmotou*, *suchý stojící les* (Jonášová 2001; Jonášová, Prach, 2004). Smrk na Šumavě dominuje obnově ze 70 – 90 %. Po vypuknutí disturbance jeho podíl poklesl z téměř 100 % a v průběhu narůstá ze zmíněných 70 %, pod které jeho podíl neklesne. Plní tak roli jak pionýrské, tak klimaxové dřeviny (Heurich, 2009; Jonášová, 2001; Jonášová, Prach, 2004). Prodloužení stávající řady dat by nám poskytlo lepší informaci o obnově, a to v měřítku celého parku. Mladé stromy si totiž musí poradit i se starým dědictvím výskytu lýkožrouta, jeho vliv na jejich růst by ale měl být malý (Heurich, 2009).

Podmáčená stanoviště, dle výsledků disturbancemi velmi zasažená místa (Graf 17), se sice zpočátku obnovují velmi dobře (počty jsou mezi stanovišti jedny z nejvyšších), ale s časem jich velmi strmě ubývá (Jonášová, 2001). Rozdíly jsou s časem patrnější i mezi vývojem v *suchém stojícím lese* a na *holinách*, kde extrémnější podmínky (např. vlhkostní a teplotní) mohou vést k ohrožení vývoje lesa (Jonášová, Prach, 2008).

5.3 Management chráněného území: NP Šumava a změny krajinného pokryvu

Zřejmý je rozdíl ve změnách krajinného pokryvu na území bezzásahového a zásahového managementu NP (Graf 18). V bezzásahových územích narůstal podíl ploch *suchého stojícího lesa*, zato v zásahových šlo spíše o *holiny*, popřípadě *holiny s hmotou*. Člověk tedy velmi ovlivňuje, jakým způsobem se bude krajinný pokryv vyvíjet. Bohužel je ale sledované časové období krátké na to, aby bylo možné z použitého makroměřítko analyzovat obnovu porostů. Výzkumy nicméně potvrzují rozdílné druhové složení v závislosti na jednotlivých plochách typu krajinného pokryvu vznikajících po disturbanci. *Holiny* obsazují keře např. ostružina (Fischer et al., 2002) nebo břízy (Jonášová, Prach, 2004). Další obnovu v těchto místech ohrožuje poškození půdy těžbou (Fischer et al., 2002).

Určitým náznakem změny a zmírnění disturbancí a krokem k obnově je menší dynamika procesů v posledním sledovaném období (Graf 10) a vývoj na plochách biomonitoringu, kde se obnově daří (Nováková, Edwards-Jonášová, 2015). Příčinami může být zpravidla cyklická gradace lýkožrouta, jejíž trvání je zpravidla omezeno cca 5 lety a také chladnějším počasím v posledním sledovaném roce (2011 – 2012) (Kindlmann et al., 2013).

Prostorové uspořádání ploch *holin* i *suchého stojícího lesa* vykazuje vysokou míru shlukování a vytváří tak kompaktní celky (Příloha 8.2). Větší stanovištní variabilita se nachází díky ponechanému vývoji v *suchém stojícím lese*, který tak zajišťuje obnovu v různorodější struktuře než vysázený les na plochách *holin* (Nováková, Edwards-

Jonášová, 2015). Obnova v bezzásahových územích měřená počtem semenáčů na hektar je dostatečná (Čížková et al., 2011). Na *holinách* jsou jeho počty menší (Jonášová, 2001). Do dalšího vývoje může promluvit i ostrá hranice mezi těmito druhy přeměny krajinného pokryvu, která je tvořena bezzásahovým a zásahovým managementem. Takový způsob managementu nereflektuje koncept tzv. dynamické rezervace, jehož jedním z aspektů je vhodná koordinace managementu v oblasti rezervace a jejího okolí, která umožní obnovu a novou stabilitu krajiny po působení disturbance (Bensgtsen, 2003). Z hlediska prostorového rozložení se tak koncept dynamické rezervace neuplatňuje a člověk velmi jasně definuje, jak se bude les vyvíjet, i když je zde potenciál k obnově přirozené (Nováková, Edwards-Jonášová, 2015). Současná praxe na plochách *holin*, která z míst odstraňuje mrtvé dřevo, zamezuje přirozené obnově závislé právě na hmotě z rozpadu lesa (Svoboda et al., 2010). Ta zůstává v oblastech bez zásahu, v *suchém stojícím lese*.

Lesnický management by také mohl využít malé schopnosti lýkožrouta se pohybovat (Grodzki et al., 2006). V Bavorském lese, na německé straně Šumavy, se lýkožroutem nové obsazená místa vyskytovala do 500 m od již napadených stromů (Kautz et al., 2011). Změny se šířily kontaktně v blízkosti *polomů* nebo již *suchého stojícího lesa* i v případě sledovaného období, podobně jako v NP Bavorský les (Lausch et al., 2011). V podstatě nevznikala nová jádra změny, ale z již suché lesa se šířil lýkožrout jen o málo dál, v případě Šumavy dále do vnitrozemí. Pozměněné území je velmi kompaktní (Příloha 8.2).

Z hlediska lesního managementu by tedy bylo možné díky malé mobilitě lýkožrouta oddělit lesy, které jsou určeny k přirozené obnově a ty, do kterých nemá být lýkožrout vpuštěn (Kindlmann et al., 2013). Území s ponechaným vývojem by ale mělo být natolik velké, aby v něm mohly přirozené procesy probíhat (Grodzki et al., 2006). V konfrontaci s rozlohami procesů, které byly zaznamenány, tak ob stojí návrh na zvětšení a scelení prvních zón NP Šumava (Křenová, Hruška, 2012).

Vývoj lesa v souvislosti s jeho managementem je dalším tématem pro studium dynamiky krajiny. Porovnání NP Šumava a NP Bavorský les, tedy jednoho celku rozléhajícího se v jiných státech s jiným managementem, historií a lišícími se podmínkami (Janík, 2014), se přímo nabízí.

5.4 Srovnání výsledků: NP Bavorský les

Prostorově podobný vývoj panoval i na území Bavorského lesa. Do německého vnitrozemí postupovala dynamika přeměn způsobená gradací lýkožrouta (Lausch et al., 2011). Postihnuté plochy se mezi lety 1996 a 2000 nacházely nejvíce u česko-německých hranic. Gradace v nižších polohách na území Bavorského lesa pokračovala v letech 2005 – 2009 (Kautz et al., 2011), tedy s předstihem oproti vývoji v NP Šumava (Graf 2). Jiný byl však průběh disturbance. Dřevní hmota z *polomů* po větrné disturbance z let 1983 a 1984 poskytla lýkožroutovi vhodný prostor pro rozmnožení. Po latentní fázi však vypuká hlavní vlna gradace až v roce 1996. Doba trvání pulsu je

podobně dlouhá jako v případě událostí sledovaných prací: NP Šumava 2008 – 2011 (Graf 3), NP Bavorský les 1996 – 2000 (Lausch et al., 2011). Nicméně se liší tím, že větrná disturbance na území NP Bavorský les se stala mnohem dříve než v případě souslednosti na území NP Šumava.

Na rozdíl od výsledků z NP Šumava (Graf 13), kde přírůstek *suchých stojících lesů* převažuje na severně a severovýchodně orientovaných svazích, byla většina ploch lesů postihnutých gradací lýkožrouta v NP Bavorský les za sledované období (1990 – 2007) situována na západně orientovaných místech. Nejdůležitější proměnnou byla nadmořská výška (Lausch et al., 2011), podle ní jsou zřejmé rozdíly i na území NP Šumava (Graf 14).

5.5 Srovnání výsledků: Evropská pohoří

Ač najdeme na území NP Šumava místa, která byla intenzivně využívána a nyní tomu tak již není, nedochází ve sledovaném období k plošně výraznému zalesňování či úbytku *luk*, pastvin a podobných ploch. Zalesňování a extenzifikace zemědělství společně s opouštěním krajiny a orné půdy jsou významným procesem v rámci střední Evropy a evropských pohoří (Castillo et al., 2015; Feranec et al., 2010; Hietel et al., 2005; Smiraglia et al., 2015), o Šumavě to však ve sledovaném období neplatí (Graf 2). Nic to však neříká o kvalitativním aspektu. Například i nová výstavba nemusí být nijak plošně rozsáhlá, za to může být realizována v cenném území, anebo její využívání může mít další důsledky (Schneeberger et al., 2007), například mizení pastvin a *luk* (Monteiro et al., 2011). To na Šumavě není v současné době až na plošně nevýznamné výjimky téměř pozorováno (Graf 2).

Venkov a horská prostředí při pohledu na posledních 200 let ve střední a východní Evropě čelí depopulaci (Latocha, 2009). V zájmovém území NP Šumava díky jeho otevření veřejnosti po roce 1989 zůstává demografická situace počtu obyvatel stabilizovaná nebo dokonce rostoucí (Janík, 2014; Matějka, 2013). Tím pádem socio-ekonomické změny i zájmy jednotlivých aktérů hrají a budou hrát roli i v dílčích změnách krajinného pokryvu, čímž se otvírá pole pro další výzkum.

Na rozdíl od Skandinávie, kde se uplatňují ve smrkovém lese ve větší míře maloplošné disturbance v rámci malého vývojového cyklu, z výzkumů Brůny et al. (2013) a Čady et al. (2013) vyplývá dominance velkoplošného rozpadu lesa. To platí i z pohledu našeho výzkumu, pokud se podíváme na celé sledované období, kdy bylo přeměněno cca 15 % plochy *jehličnatých lesů* na území NP Šumava (Tab. 2), a to v kompaktních shlucích (Příloha 8.2). Ze sledování disturbancí v historii se tento stav nejvíce jeví jako nic nového a velkoplošné disturbance se vyskytují relativně pravidelně (Jonášová et al., 2010), což připodobňuje středoevropský horský lesu boreálního a procesy s ním spojenými – přemnožení fytofágního hmyzu, pomalejší obnova a dekompozice (Jonášová 2001).

Rozdíly vývoje krajiny v územích s rozdílným managementem jsou patrné například ve Vysokých Tatrách. NP Vysoké Tatry i Šumava byly zasaženy podobně, převedeno

na typy krajinného pokryvu se dosavadní les proměnil v *suchý stojící les* (převážně v území bez uplatnění managementu v NP na polské straně hranice) a v *holiny* (převážně na slovenské straně hranice) (Grodzki et al., 2006). Přes tyto velkoplošné disturbance podobné těm ze Šumavy, se zdá být obnova lesa zajištěná novými jedinci (Jonášová et al., 2010).

Rozdílná je orientace svahů zasažených větrnou disturbancí a gradací lýkožrouta. Jde v případě Tatranského NP (Slovensko) o západní svahy a v případě polského NP jihovýchodní (Grodzki et al., 2006). Nejméně poškozené byly ve Vysokých Tatrách stromy na severních svazích (Mezei et al., 2014). Převažující změny na severních až severovýchodních svazích v NP Šumava (Graf 13) jsou výjimečné i ve srovnání s Beskydami, kdy sice lýkožrout začal působení na severních svazích, ale poté jeho gradace pokračovala na lépe osluněných jižních svazích a na zmíněných severně orientovaných svazích se les regeneroval a přibýval (Main-Knorn et al., 2009). Podobnou dynamiku na rozdíl od Šumavy vykazoval i Tatranský NP, kdy se orientace a insolace stávaly důležité zejména pro pokročilejší fáze gradace, nikoliv však v iniciační fázi disturbance. Orientace na Šumavě pak zůstala nezměněná. Podobně je tomu i s nadmořskou výškou, kdy se v obou případech (Vysoké Tatry i Šumava) ukázala její důležitost, nicméně ve Vysokých Tatrách se v průběhu disturbance důležitost a prostorové rozložení měnilo (Mezei et al., 2014), a to tím způsobem, že lýkožrout již nebyl tak vybíravý a obsazoval i severně orientované svahy či vyšší nadmořské výšky (Sproull et al., 2015). Na Šumavě zůstal trend změn typů tříd krajinného pokryvu s ohledem na nadmořskou výšku a orientaci ve sledovaném období stejný (Graf 13).

Jako na Šumavě (Graf 2) i v Beskydech se snížil podíl ploch *jehličnatého lesa*, avšak byl způsoben lesnickou přeměnou na *les smíšený a listnatý*. Lesa jako takového přibývá (Main-Knorn et al., 2009). Trendem změny je návrat přirozeného složení lesa podle lesních vegetačních stupňů (Plíva, 1987). Je to tedy jiný proces než v případě NP Šumava.

6 ZÁVĚR

Disturbance dvojího typu způsobily změny, které bylo možné sledovat prostřednictvím změny typů krajinného pokryvu. Prvním zásadním momentem byla jen krátkodobá větrná disturbance v podobě orkánu Kyrill. Druhým zásadním procesem bylo přemnožení lýkožrouta smrkového, které má delší trvání (Kindlmann et al., 2013).

Nicméně pro hodnocení následků těchto dvou disturbancí a zvoleného období je nutné znát časoprostorový kontext (Turner, 2010). Již od počátku devadesátých let se Šumava potýkala s gradací lýkožrouta (Jonášová, Prach, 2008), přičemž se proti němu zasahovalo kácením napadených stromů za vzniku rozsáhlých *holin* (Šantrůčková et al., 2010). Toto dřívější narušení kompaktního lesa a zhoršení jeho zdravotního stavu vedlo k relativně velkým škodám při orkánu Kyrill, který vedl ke vzniku *polomů*, a to hlavně na místech exponovaných a otevřených větrnému proudění díky fragmentaci porostu. Nejvíce byl zasažen již oslabený (*poškozený*) les.

Tyto škody byly plošně převýšeny následnými změnami. Středoevropský horský *jehličnatý les* podobně jako les boreální podléhá velkoplošnému rozpadu (Jonášová 2001). Mezi lety 2008 a 2011 proběhly plošně velké změny, které měly za následek zmenšení plochy *jehličnatého lesa*. Ten byl napaden kůrovcem a jeho dlouhodobější působení přineslo vznik *suchého stojícího lesa*. Z prostorového hlediska se jednalo o nárůst této kategorie v centrální části NP Šumava – v nejvyšších partiích bezzásahového území, převážně na severních svazích a chudších, podmáčených stanovištích. Z hlediska prostorových rámců zůstal tento výskyt stabilní a nepostupoval dále, ač je patrný určitý posun směrem do vnitrozemí Česka, největší nárůsty se děly jen v bezprostředním kontaktu stávajícího typu krajinného pokryvu.

Do vývoje lesa promlouval i člověk, jehož snahou bylo zamezit postupu lýkožrouta do dalších porostů. V nižších výškách, v území s možnými zásahy, ale např. v podobně orientovaných stanovištích se *jehličnatý les* měnil v *holiny* a *holiny s hmotou*. Ty tvořily nesouvislý lem podél oblasti *suchého stojícího lesa* a hranici mezi ním a nenapadenými porosty.

Pro komplexní porozumění dynamice lesa je nutné srovnatelně zaznamenávat změny krajinného pokryvu i nadále. Důležité totiž bude sledovat, jak se les obnovuje, to je zatím zaznamenáváno především z výzkumů operujících na mikroměřítku (Nováková, Edwards-Jonášová, 2015), které většinou nasvědčují, že obnova ze *suchého stojícího lesa* v 7. a 8. LVS se daří uspokojivě. Makroměřítko však může sledovat dynamiku a časoprostorové vzorce těchto procesů a odpovědět na otázky, které se týkají managementu chráněného území. Tyto dva přístupy jsou k sobě komplementární a ukazují na komplexnost ekosystému a jeho obnovy.

Prozatím končí daty pokryté období v roce 2012, kdy docházelo ke zpomalení změn. To neznačí menší zajímavost procesů, ale znamená to příchod procesů nových, které je nutné dále sledovat.

Disturbance v horském převážně zalesněném prostředí střední Evropy přináší rozsáhlé změny, které proběhnou v rámci několika let, je však pravděpodobné, že se brzy les obnoví, pokud k tomu bude mít prostor. Zřejmý je rozdíl mezi procesy v bezzásahovém a člověkem řízeném území parku. Ten by měl převážně sloužit právě přirozeným procesům, a tak je otázka, jak s ním bude dále naloženo. Ideálně by měl být scelen a ochráněn lesní ekosystém v místech, kde má relativně přirozené složení a je schopen se sám obnovit. To se týká nejvyšších partií, převážně zmíněného 7. a 8. LVS, ale již ne smrkových člověkem vysazených monokultur v nižších polohách. Naopak i z výsledků je zřejmá vyšší odolnost *listnatého* a *smíšeného lesa*. Cílem by tedy měla být co nejvíce přirozenější skladba lesů podle LVS a stanovení hranice, za kterou nebude lýkožrout vpuštěn. Díky jeho malé mobilitě by toho mělo být docíleno jen pomocí cca 500 m širokého pásu bez stromů, na které by lýkožrout nemohl. Na druhou stranu v horských lesích patří přítomnost lýkožrouta mezi přirozenou součástí obnovy pomocí velkoplošného rozpadu *jehličnatého lesa* a výběrová tvorba *holin* a *holin s hmotou* v centrálních nejvýše položených místech spíše vede ke zhoršení následků větrných disturbancí.

K celému výzkumu bylo přistoupeno pomocí stanovení *land cover flows*. Pro budoucí výzkum bude vhodné použít statistické nástroje popisující hlavní příčiny změn a jejich faktory, čímž za použití dat o další obnově porostů získáme ještě hlubší znalost o fungování horské lesní krajiny využitelnou při plánování péče o ní.

7 SEZNAM LITERATURY

AMEZTEGUI, A., COLL, L., MESSIER, C. (2015): Modelling the effect of climate-induced changes in recruitment and juvenile growth on mixed-forest dynamics: The case of montane–subalpine Pyrenean ecotones. *Ecological Modelling* 313, s. 84-93.

ANTROP, M. (2004): Landscape change and the urbanization proces in Europe. *Landscape and Urban Planning* 67, s. 9 – 26.

ARANZABAL, I. D., SCHMITZ, M. F., AGUILERA, P., PINEDA, F. D. (2008): Modelling of landscape changes derived from the dynamics of socio-ecological systems: A case of study in a semiarid Mediterranean landscape. *Ecological Indicators* 8, s. 672-685.

ATTORE, F., DE SANCTIS, M., FARCOMENI, A., GUILLET, A., SCEPI, E., VITALE, M., PELLA, F., FASOLA, M. (2013): The use of spatial ecological modelling as a tool for improving the assessment of geographic range size of threatened species. *Journal for Nature Conservation* 21, s. 48-55.

BENGSTSSON, J., ANGELSTAM, P., ELMQVIST, T., EMANUELSSON, U., FOLKE, C., IHSE, M., MOBERG, F., NYSTROM, M. (2003): Reserves, Resilience and Dynamic Landscapes. *A Journal of the Human Environment* 32(6), s. 389-396.

BLÁHA, J., KŘENOVÁ, Z., ROMPORTL, D. (2013): Can NATURA 2000 mapping be used to zone the Šumava National park? *European Journal of Environmental studies*, roč. 3, č. 1, s. 57-64.

BRŮNA, J., WILD, J., SVOBODA, M., HEURICH, M., MULLEROVA, J. (2013): Impacts and underlying factors of landscape-scale, historical disturbance of mountain forest identified using archival documents. *Forest Ecology and Management* 305, s. 294-305.

BUDZÁKOVÁ, M., GALVÁNEK, D., LITTERA, P., ŠIBÍK, J. (2013): The wind and fire disturbance in Central European mountain spruce forests: the regeneration after four years. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 82, s. 13-24.

CASTILLO, E., M., D., GARCIA-MARTIN, A., ALADRÉN, L., A., L., LUIS, M. D. (2015): Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain). *Applied Geography* 62, s. 247-255.

ČADA, V., SVOBODA, M., JANDA, P. (2013): Dendrochronological reconstruction of the disturbance history and past development of the mountain Norway spruce in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management* 295, s. 59-68.

CLARK LABS (2015): Land Change Modeler for ArcGIS. Clark Labs, Clark University, USA. Brochure, 6 s.

ČÍŽKOVÁ, P., SVOBODA, M., KŘENOVÁ, Z. (2011): Natural regeneration of acidophilus pruce mountain forests in non intervention management areas of the Šumava National Park – the first results of the Biomonitoring project. *Silva Gabreta* 17 (1), s. 19-35.

DALE, V. H., JOYCE L. A., McNULTY, S., NEILSON. P. R., AYRES, M. P., FLANNIGAN, M. D., HANSON, P. J., IRLAND, L. C, LUGO, A. E., PETERSON, J., SIMBERLOFF, D., SWANSON, J. F., STOCKS, B., J, WOTTON, B. N. (2001): Climate Change and Forest Disturbances. *BioScience* 51, 9, s. 723-734.

DIVÍŠEK, J., CHYTRÝ, M., GRULICH, V., POLÁKOVÁ, L. (2014a): Landscape classification of the Czech Republic based on the distribution of natural habitats. *Preslia* 86, s. 209-231.

DIVÍŠEK, J., ZELENÝ, D., CULEK, M., ŠŤASTNÝ, K. (2014b): Natural habitats matter: Determinants of spatial pattern in the composition of animal assemblages of the Czech Republic. *Acta oecologica* 59, s. 7-17.

EITER, S., POTTHOFF, K., (2016): Landscape changes in Norwegian mountains: Increased and decreased accesibility and their driving forces. *Land Use Policy* 54, s. 235-245.

ELBAKIDZE, M., ANGELSTAM, P. (2007): Implementing sustainable forest management in Ukraine's Carpathian Mountains: The role of traditional village systems. *Forest Ecology and Management* 249, s. 28-38.

FERANEC, J., JAFFRAIN, G., SOUKUP, T., HAZEU, G. (2010): Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data LC změny CORINE 1990-2000. *Applied Geography* 30, s. 19-35

FISCHER, A., LINDNER, M, ABS, C., LASCH, P. (2002): Vegetation Dynamics in Central Europe Forest Ecosystem (Near-natural as well as managed after storm events). *Folia Geobotanica* 37, s. 17-32.

FORMAN, R. T. T., GODRON, M. (1993): *Krajinná ekologie*. Academia, Praha, 586 s., ISBN 80-200-0464-5.

GRODZINSKA, K., GODZIK, B., FRACZEK, W., BADEA, O., OSZLANYI, J., POSTELNICU, D., SHPARYK, Y. (2004): Vegetation of the selected forest stands and land use in the Carpathian Mountains. *Environmental Pollution* 130, s. 17-32.

GRODZKI, W., JAKUŠ, R., LAJZOVÁ, E., SITKOVÁ, Z., MACZKA, T., ŠKVARENINA, J. (2006): Effects of intensive versus no management strategies during an outbreak of the bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col.: Curculionidae, Scolytinae) in the Tatra Mts. in Poland and Slovakia. *Ann. For. Sci* 63, s. 55-61.

HAINES-YOUNG, R., BARR, C. J., FIRBANK, L. G., FURSE, M., HOWARD, D. C., McGOWAN, G., PETIT, S., SMART, S. M., WATKINS, J. W. (2003): Changing landscapes habitats and vegetation diversity across Great Britain. *Journal of Environmental Management* 67, s. 267-281.

HEURICH, M. (2009): Progress of forest regeneration after a large-scale *Ips typographus* outbreak in the subalpine *Picea abies* forests of the Bavarian Forest National Park. *Silva Gabreta* 15 (1), s. 49-66.

HEURICH, M., OCHS, T., ANDERSEN, T., SCHNEIDER, T. (2010): Object-orientated image analysis for the semi-automatic detection of dead trees following a spruce bark beetle (*Ips typographus*) outbreak. *Eur. Journal Forest Res.* 129, s. 313-324.

HIETEL, E., WALDHARDT, R., OTTE, A. (2005): Linking socio-economic factors, environment and land cover in the German Highlands, 1945–1999. *Journal of Environmental Management* 75, s. 133-143.

JANDA, P., SVOBODA, M., BAČE, R., ČADA, V., PECK, J., E. (2014): Three hundred years of spatio-temporal development in a primary mountain Norway spruce stand in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management* 330, s. 304-311.

JANÍK, T. (2014): Fyzickogeografické podmínky jako určující faktor regionálního rozvoje území NP Šumava. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 61 s.

JONÁŠOVÁ, M. (2001): Regenerace horských smrčín po kůrovcové kalamitě. *Silva Gabreta* 6, s. 241-248.

JONÁŠOVÁ, M., PRACH, K. (2004): Central-European mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering* 23, s. 15-27.

JONÁŠOVÁ, M., PRACH, K. (2008): The influence of bark beetles outbreak vs. salvage logging on ground layer vegetation in Central European mountain spruce forests. *Biological conservation* 141, s. 1525-1535.

JONÁŠOVÁ, M., VÁVROVÁ, E., CUDLÍN, P. (2010): Western Carpathian mountain spruce forest after a windthrow: Natural regeneration in cleared and uncleared areas. *Forest Ecology and Management* 259, s. 1127-1134.

KAUTZ, M., DWORSCHAK, K., GRUPPE, A., SCHOPF, R. (2011): Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions. *Forest Ecology and Management* 262, s. 598-608.

KEENAN, R. J., REAMS, G. A., ACHARD, F., FREITAS, J. V. D., GRAINGER, A., LINDQUIST, E. (2015): Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, s. 9-20.

KINDLMANN, P., MATĚJKA, K., DOLEŽAL, P. (2013): Co je za přemnožením (gradací) lýkožrouta smrkového na Šumavě. *Academia, Živa*, č. 5, s. 231-233.

KŘENOVÁ, Z., HRUŠKA, J. (2012): Proper zonation – an essential tool for the future conservation of the Šumava National Park. *European Journal of Environmental studies*, roč. 2, č. 1, s. 62-72.

KŘENOVÁ, Z., KIENER, H. (2012): Europe's Wild Heart - still beating? Experiences from a new transboundary wilderness area in the middle of the Old Continent. *European Journal of Environmental studies*, roč. 2, č. 2, s. 115-123.

KŘENOVÁ, Z., KINDLMANN, P. (2015): Natura 2000 – Solution for Eastern Europe or just a good start? The Šumava National Park as a test case. *Biological Conservation* 186, s. 268-175.

LATOCHA A. (2009): Land-use changes and longer-term human–environment interactions in a mountain region (Sudetes Mountains, Poland). *Geomorphology* 108, s. 48-57.

LAUSCH, A., FAHSE, L., HEURICH, M. (2011): Factors affecting the spatio-temporal dispersion of *Ips typographus* (L.) in Bavarian Forest National Park: A long-term quantitative landscape-level analysis. *Forest Ecology and Management* 261, s. 233-245.

LOGAN, J., L., REGNIERE, J., POWELL, J. A. (2003): Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Front Ecological Environment*, s. 130-137.

LUPP, G., KNOBOLD, W., BASTIAN, O. (2013): Landscape management and landscape changes towards more naturalness and wilderness: Effects on scenic qualities—The case of the Müritz National Park in Germany. *Journal for Nature Conservation* 21, s. 10-21.

MAIN-KNORN, M., HOSTERT, P., KOZAK, J., KUEMMERLE, T. (2009): How pollution legacies and land use histories shape post-communist forest cover trends in the Western Carpathians. *Forest Ecology and Management* 258, s. 60-70.

MARTINEZ-FERNANDEZ, J., RUIZ-BENITO, P., ZAVALA, M., A. (2015): Recent land cover changes in Spain across biogeographical regions and protection levels: Implications for conservation policies. *Land Use Policy* 44, s. 62-75.

MATĚJÍČEK, L., VÁVROVÁ, E., CUDLÍN, P. (2011): Spatio-temporal modelling of ground vegetation development in mountain spruce forests. *Ecological Modelling* 222, s. 2584-2592.

MATĚJKA, K. (2013): Dynamika lesa a krajiny jako podklad pro zonaci národního parku, aneb co chceme od ochrany přírody v NP. Dostupné na: www.infodatasys.cz. 14 s.

MEZEI, P., GRODZKI, W., BLAŽENEC, M., ŠKVARENINA, J., BRANDÝSOVÁ, V., JAKUŠ, R. (2014): Host and site factors affecting tree mortality caused by the spruce bark beetle (*Ips typographus*) in mountainous conditions. *Forest Ecology and Management* 331, s. 196-207.

MONTEIRO, A., T., FAVA, F., HILTBRUNNER, E., MARIANNA, G., D., BOCCHI, S. (2011): Assessment of land cover changes and spatial drivers behind loss of permanent meadows in the lowlands of Italian Alps. *Landscape and Urban Planning* 100, s. 287-294.

MOTTET, A., LADET, S., COQUÉ, N., GIBON, A. (2006): Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: A case study in the Pyrenees. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 114, s. 296-310.

NOVÁKOVÁ, M., H., EDWARDS-JONÁŠOVÁ, M. (2015): Restoration of Central-European mountain Norway spruce forest 15 years after natural and anthropogenic disturbance. *Forest Ecology and Management*, s. 120-130.

PATRU-STUPARIU, I., TUDOR, C. A., STUPARIU, M. S., BUTTLER, A., PERINGER, A. (2016): Landscape persistence and stakeholder perspectives: The case of Romania's Carpathians. *Applied Geography* 69, s. 87-98.

PLÍVA, K. (1987): Typologický klasifikační systém ÚHÚL. ÚHÚL Brandýs n. L. 52 s.

SCHMITZ, M., F. DE ARANZABAL, I., AGUILERA, P., RESCIA, A., PINEDA, F., D. (2003): Relationship between landscape typology and socioeconomic structure: Scenarios of change in Spanish cultural landscapes. *Ecological Modelling* 168, s. 343-356.

SCHNEEBERGER, N., BÜRGI, M., HERSPERGER, M., EWALD, K. C. (2007): Driving forces and rates of landscape change as a promising combination for landscape change research – An application on the northern fringe of the Swiss Alps. *Land Use Policy* 24, s. 349-361.

SKOKANOVÁ, H., EREMIÁŠOVÁ R. (2013): Landscape functionality in protected and unprotected areas: Case studies from the Czech Republic. *Ecological Informatics* 14, s. 71-74.

SMIRAGLIA, D., CECCARELLI, T., BAJOCOCCO, S., PERINI, L., SALVATI, L. (2015): Unraveling Landscape Complexity: Land Use/Land Cover Changes and Landscape Pattern Dynamics (1954–2008) in Contrasting Peri-Urban and Agro-Forest Regions of Northern Italy. *Environmental Management* 56, s. 916-932.

SPROULL, G. J., ADAMUS, M., BUKOWSKI, M., KRZYZANOWSKI, T., SZEWCZYK, J., STATWICK, J., SZWAGRZYK, J. (2015): Tree and stand-level patterns and predictors of Norway spruce mortality caused by bark beetle infestation in the Tatra Mountains. *Forest Ecology and Management* 354, s. 261-271.

SVOBODA, M., FRAVER, S., JANDA, P., BAČE, R., ZENÁHLÍKOVÁ, J. (2010): Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. *Forest Ecology and Management* 260, s. 707-714.

SVOBODA, M., JANDA, P., NAGEL, T. A., FRAVER, S., REJZEK, J., BAČE, R. (2012): Disturbance history of an old-growth sub-alpine *Picea abies* stand in the Bohemian Forest, Czech Republic. *Journal of Vegetation Science* 23, s. 86-97.

SÝKORA, L. (2010): Suburbanizace: Problém i řešení. *Vesmír* 89, s. 440 – 443.

ŠANTRŮČKOVÁ, H., VRBA, J., KŘENOVÁ, Z., SVOBODA, M., BENČOKOVÁ, A., EDWARDS, M., FUCHS, R., HAIS, M., HRUŠKA, J., KOPÁČEK, J., MATĚJKA, K., RUSEK, J. (2010): Co vyprávějí šumavské smrčiny: Průvodce lesními ekosystémy Šumavy. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, 156 s.

TURNER, M., G. (1989): *LANDSCAPE ECOLOGY: The Effect of Pattern on Process*. *Ecological System* 20, s. 171-197.

TURNER, M. G. (2010): Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology* 91, s. 2833-2849.

VERBURG, P. H., STEEG, J. V. D., VELDKAMP, A., WILLEMEN, L. (2009): From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. *Journal of Environmental Management* 90, s. 1327-1335.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody, ve znění pozdějších předpisů (Hlava druhá: Národní parky). In: Sbíрка zákonů.

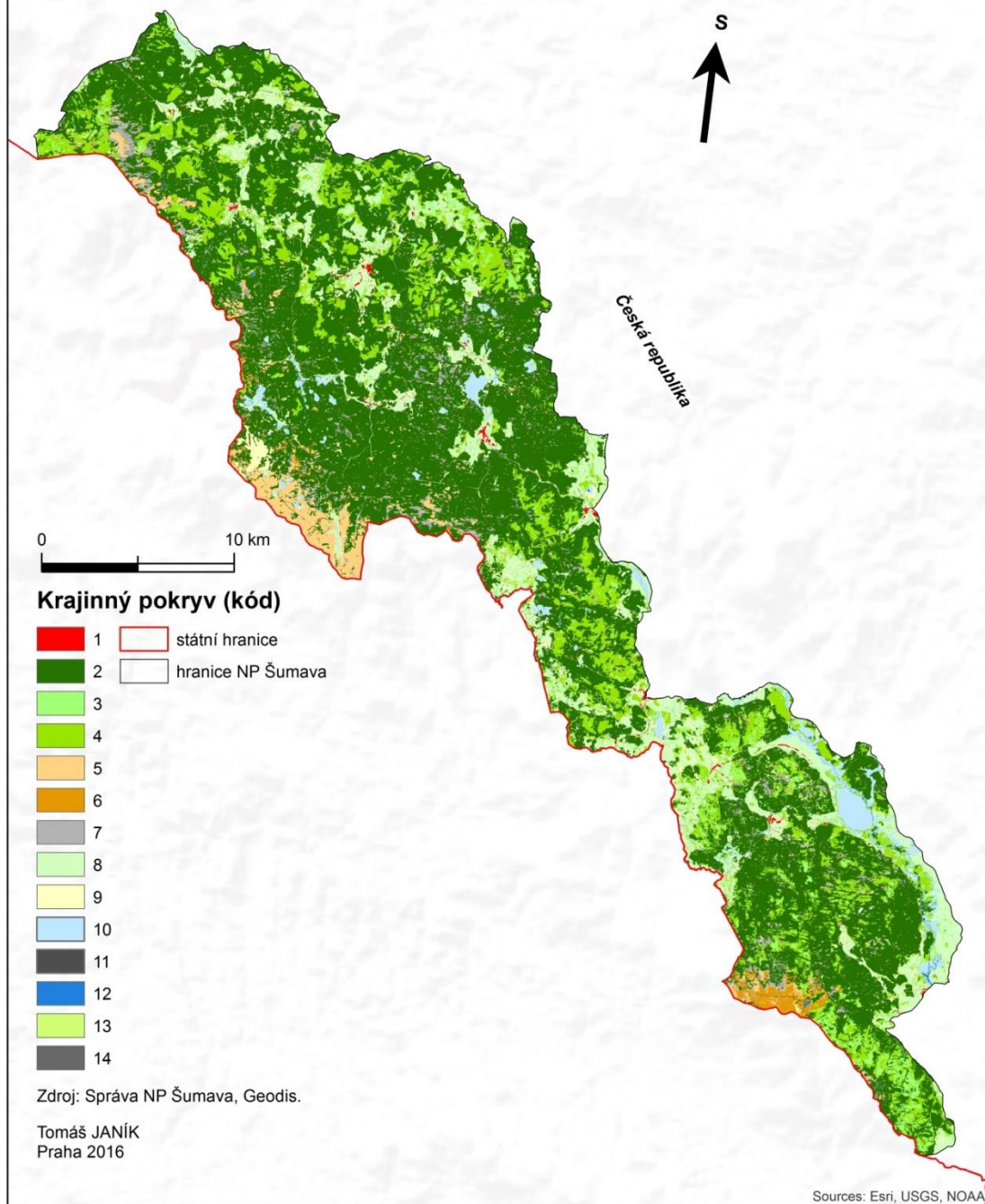
8 PŘÍLOHY

8.1 Mapy krajinného pokryvu NP Šumava 2006 – 2012

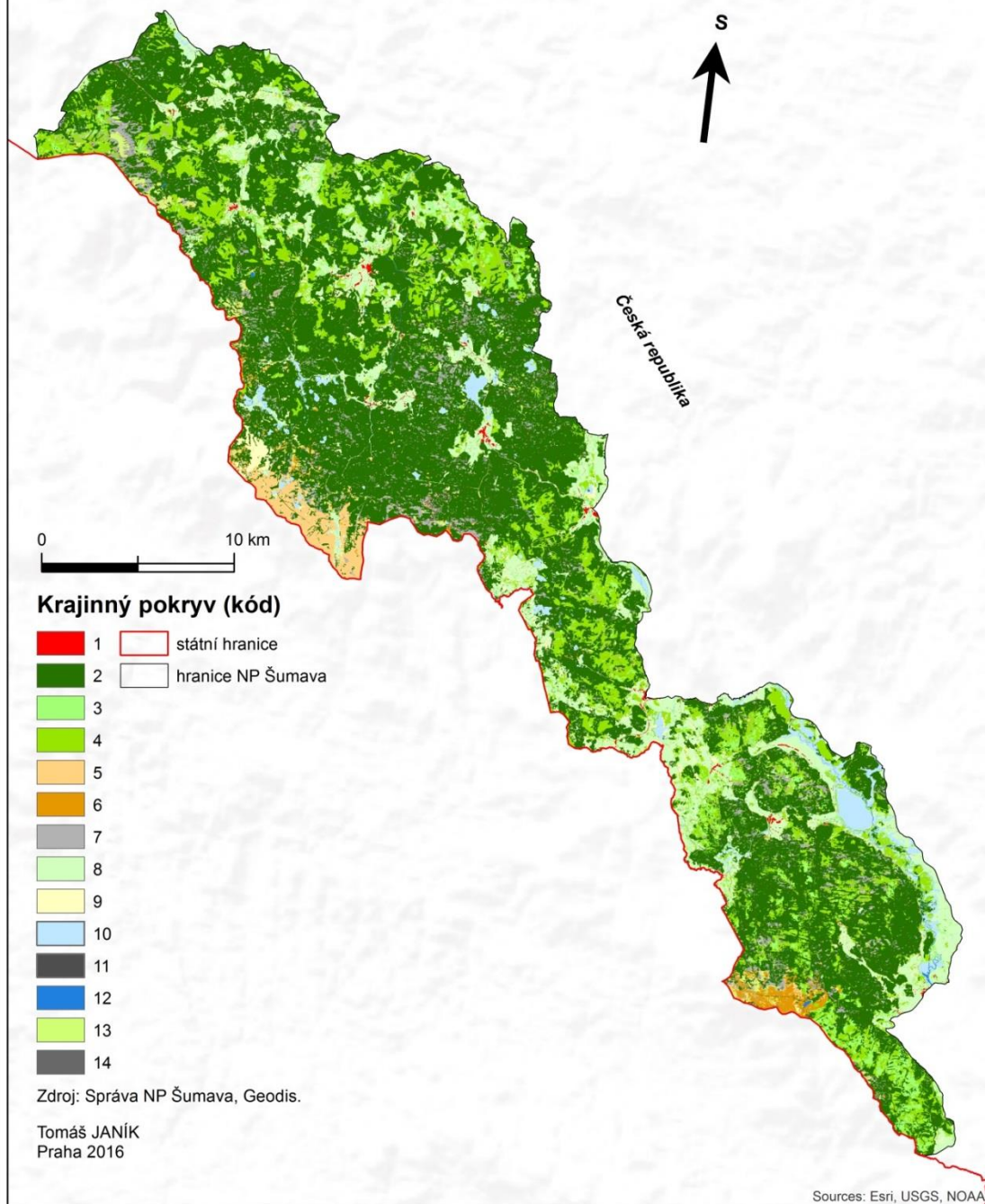
Kódy typů krajinného pokryvu využívané v mapách lze najít v přiložené tabulce:

<i>Členění se 14 typy krajinného pokryvu</i>	
Krajinný pokryv	Kód vstupující do analýz
Zastavěné plochy	1
Jehličnatý les	2
Listnatý les	3
Smíšený les	4
Poškozený les	5
Suchý stojící les	6
Holiny	7
Louky	8
Sukcese	9
Mokřady	10
Skály	11
Vodní plochy	12
Polomy	13
Holiny s hmotou	14

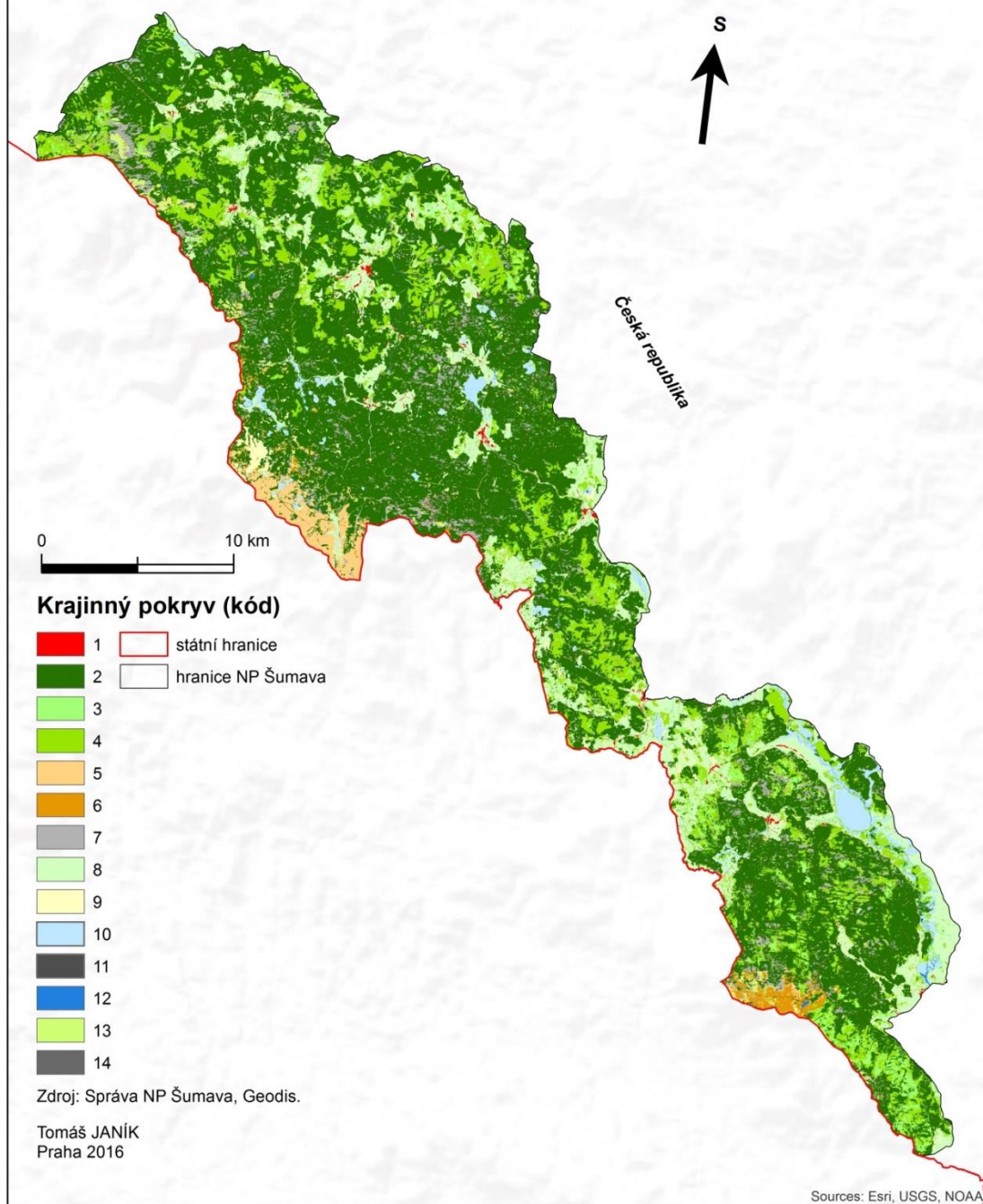
KRAJINNÝ POKRYV NP ŠUMAVA 2006



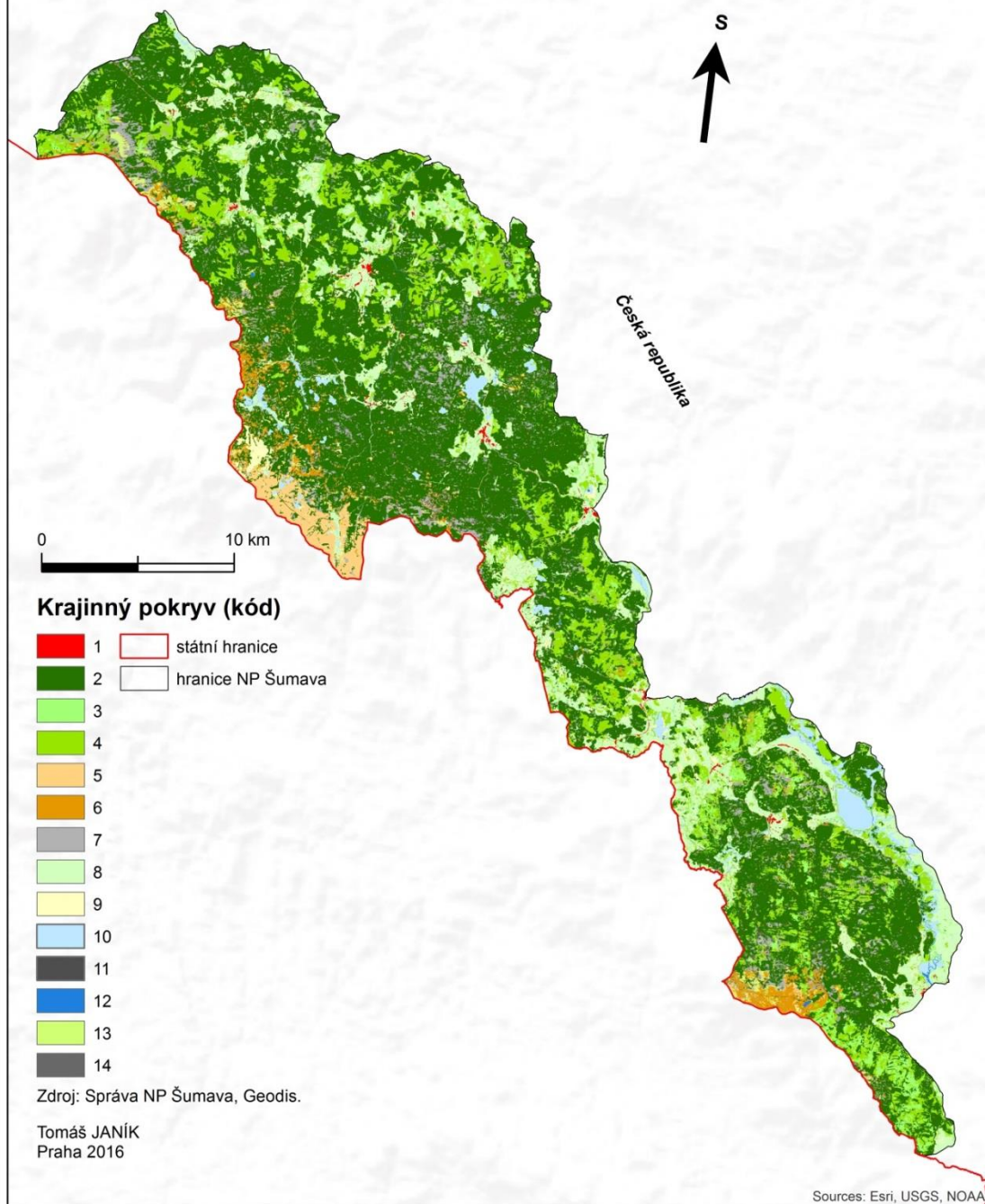
KRAJINNÝ POKRYV NP ŠUMAVA 2007



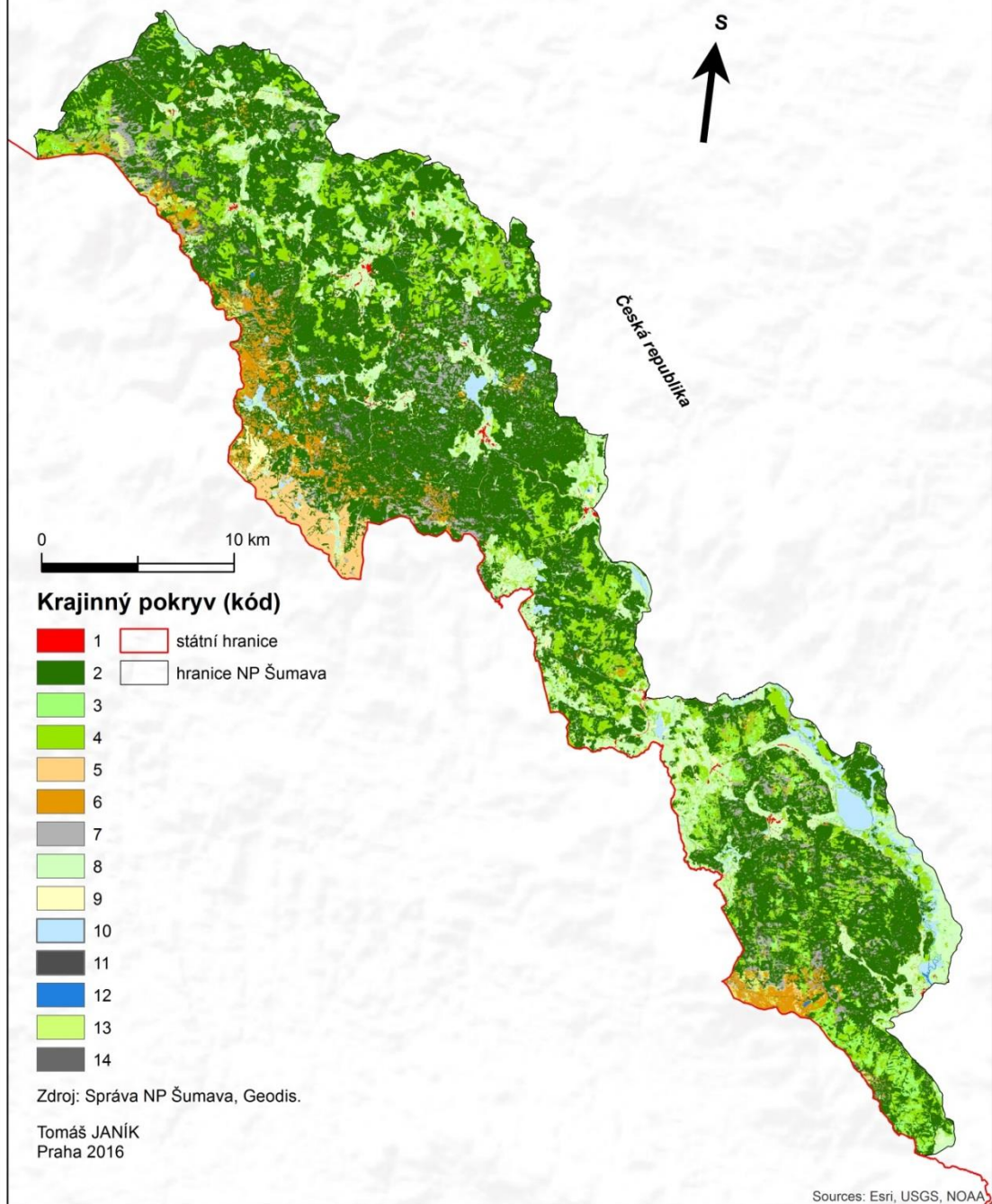
KRAJINNÝ POKRYV NP ŠUMAVA 2008



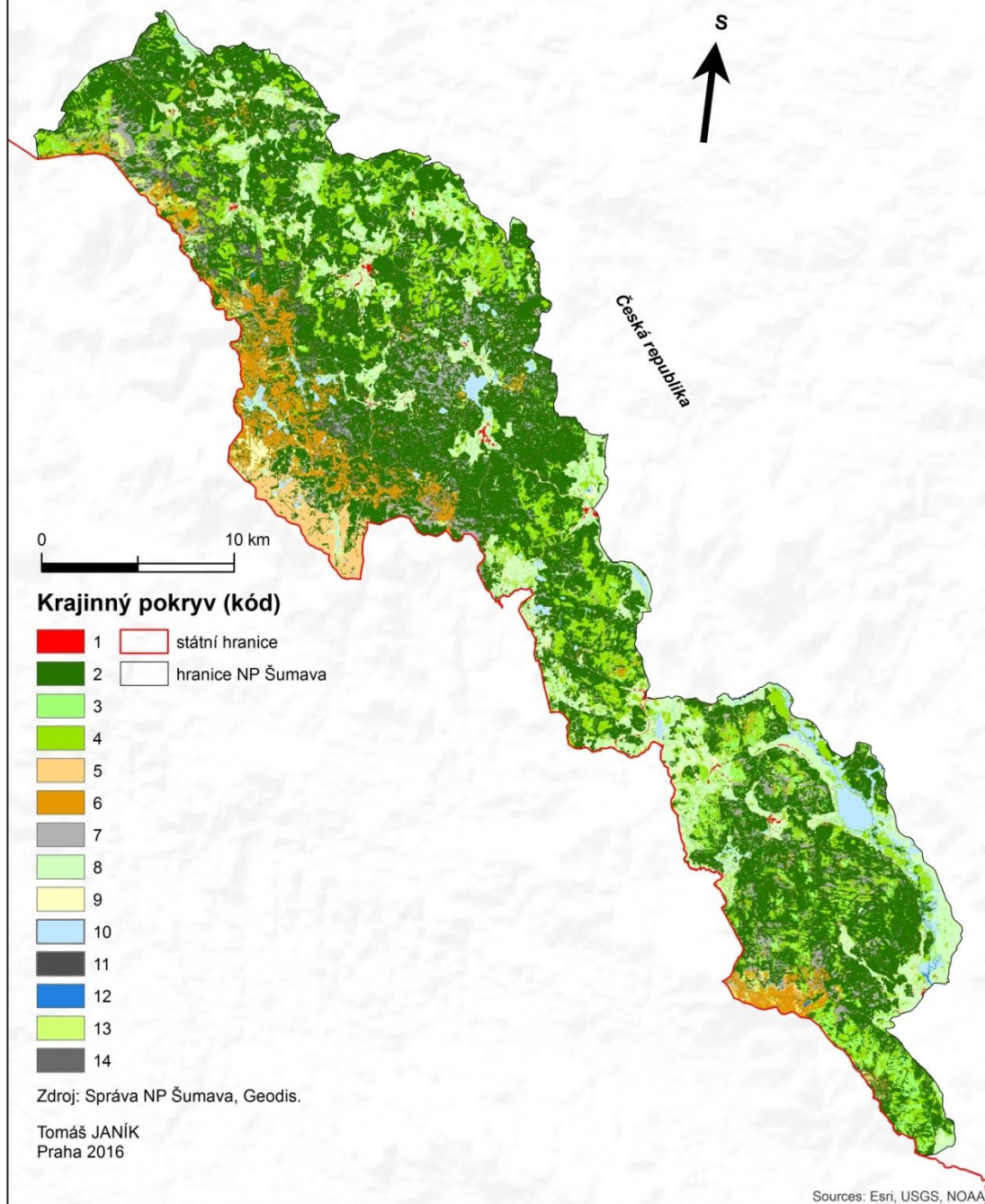
KRAJINNÝ POKRYV NP ŠUMAVA 2009



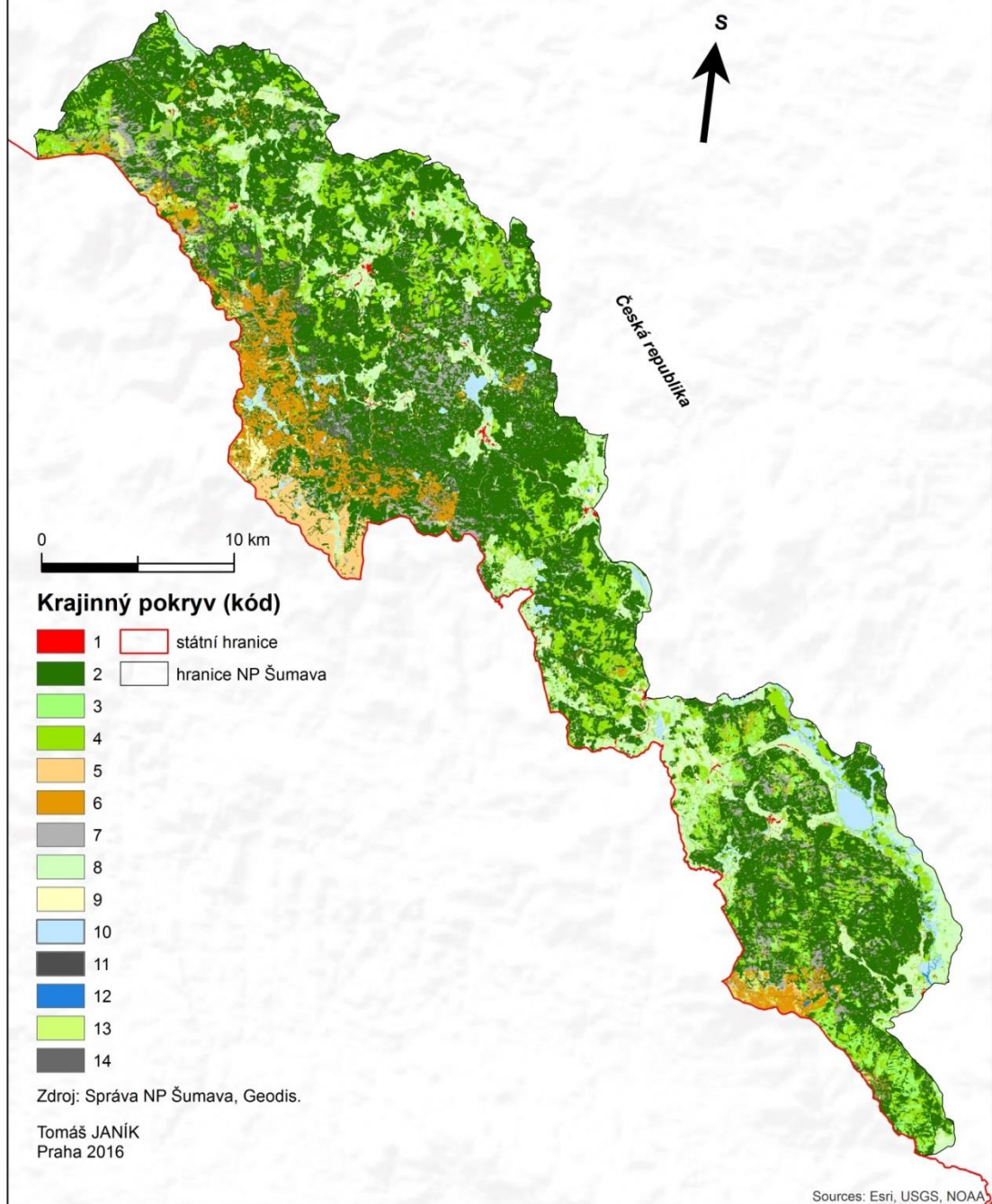
KRAJINNÝ POKRYV NP ŠUMAVA 2010



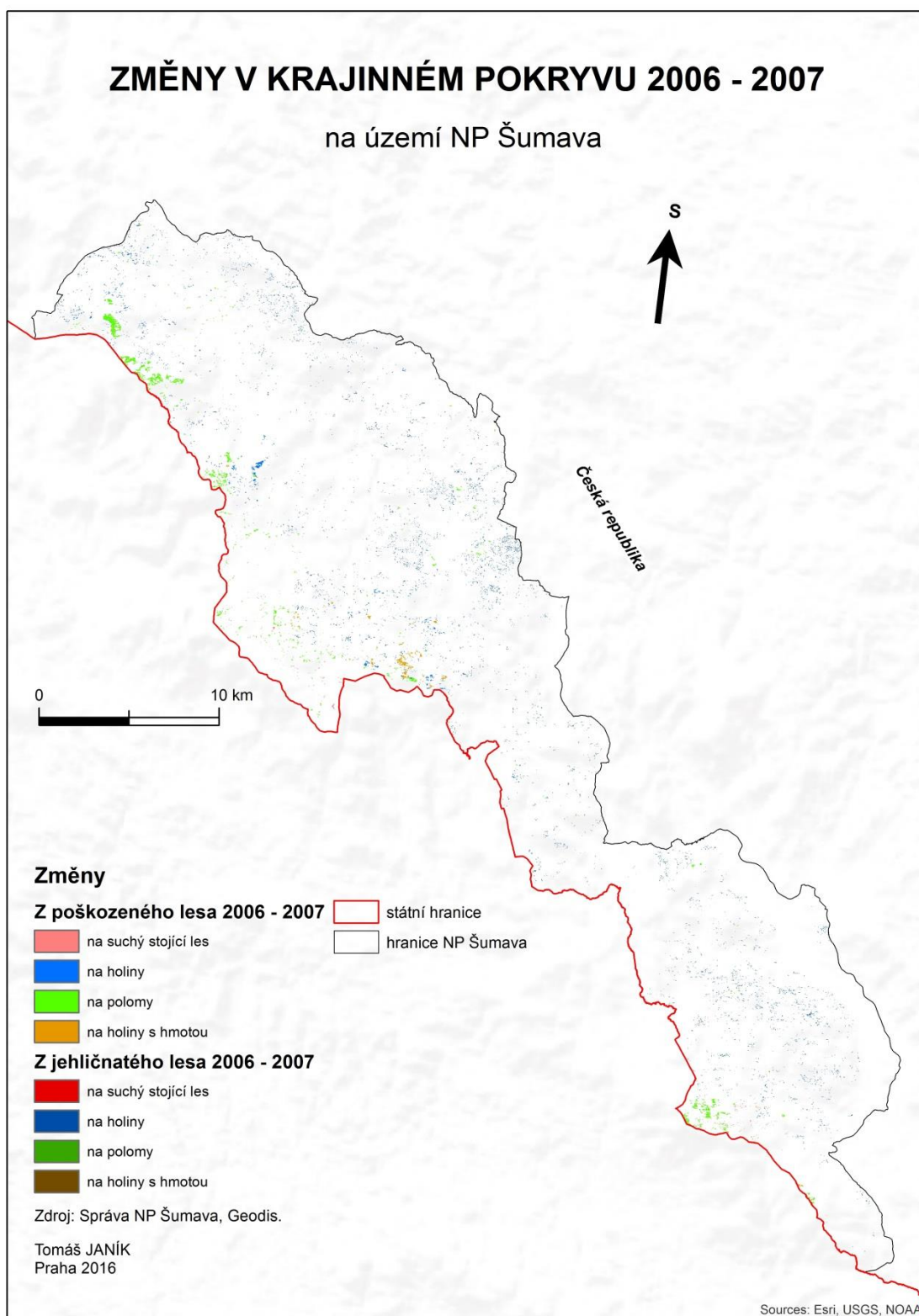
KRAJINNÝ POKRYV NP ŠUMAVA 2011



KRAJINNÝ POKRYV NP ŠUMAVA 2012

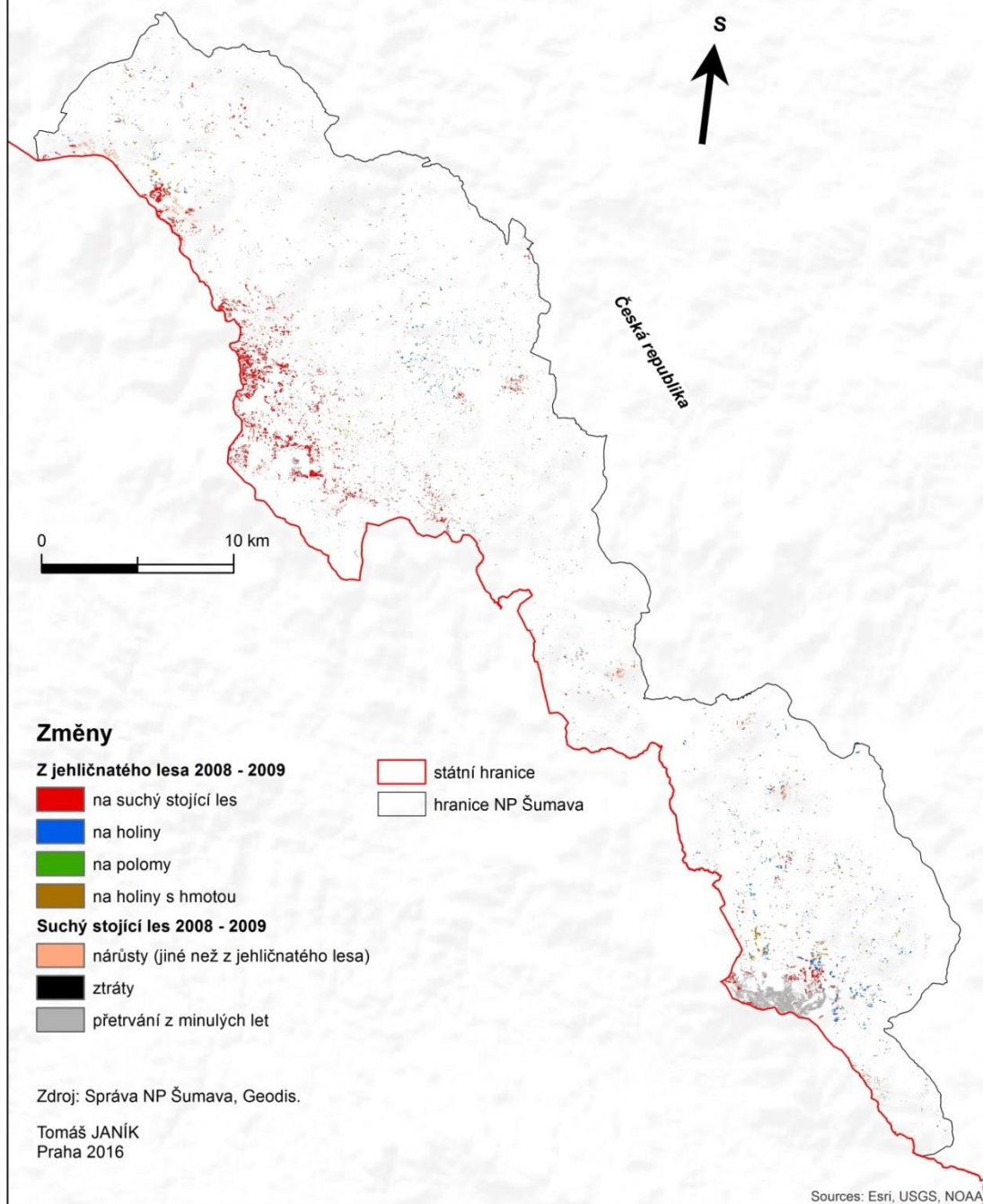


8.2 Mapy nejdůležitějších změn krajinného pokryvu NP Šumava 2006 – 2012



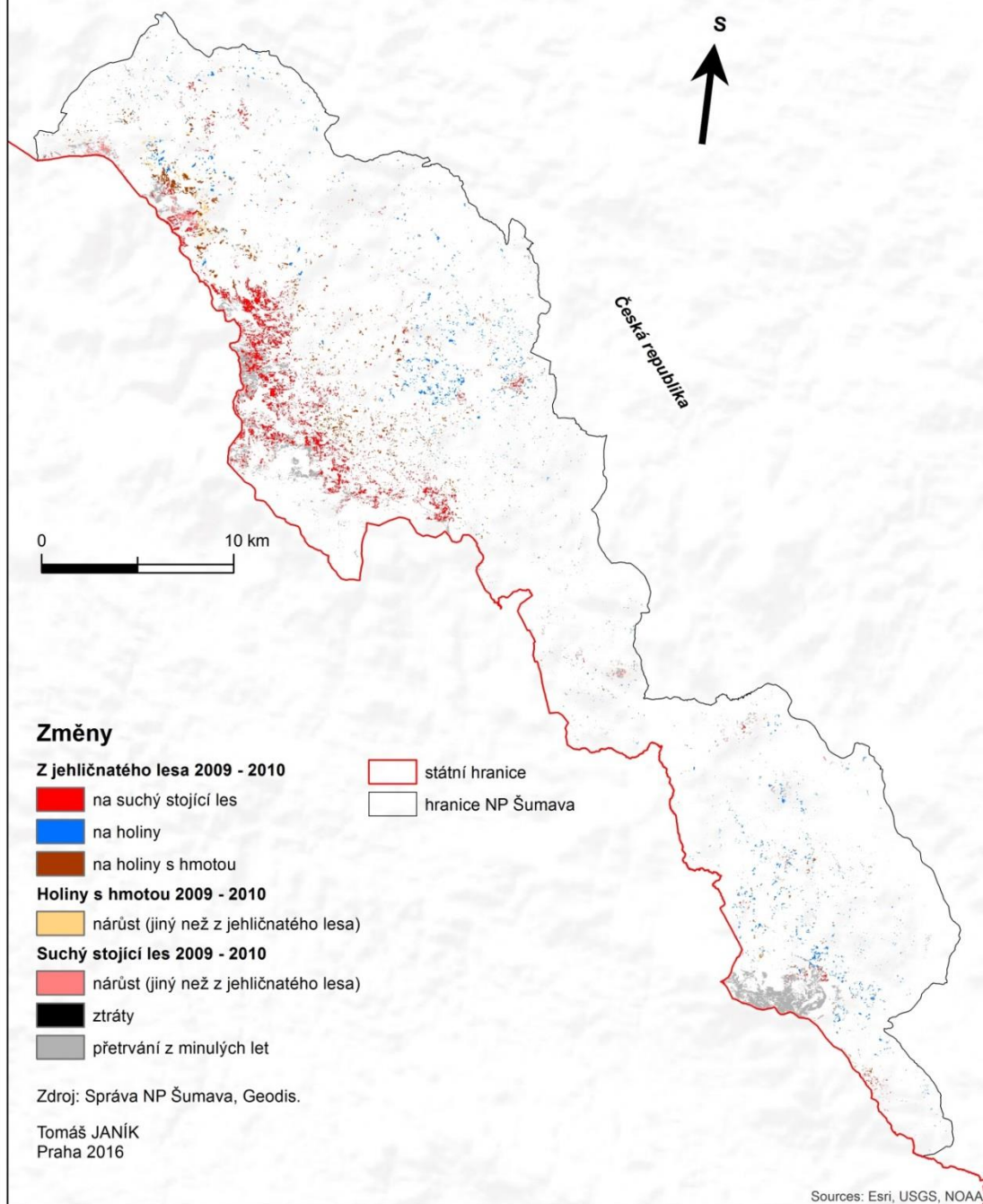
ZMĚNY V KRAJINNÉM POKRYVU 2008 - 2009

na území NP Šumava



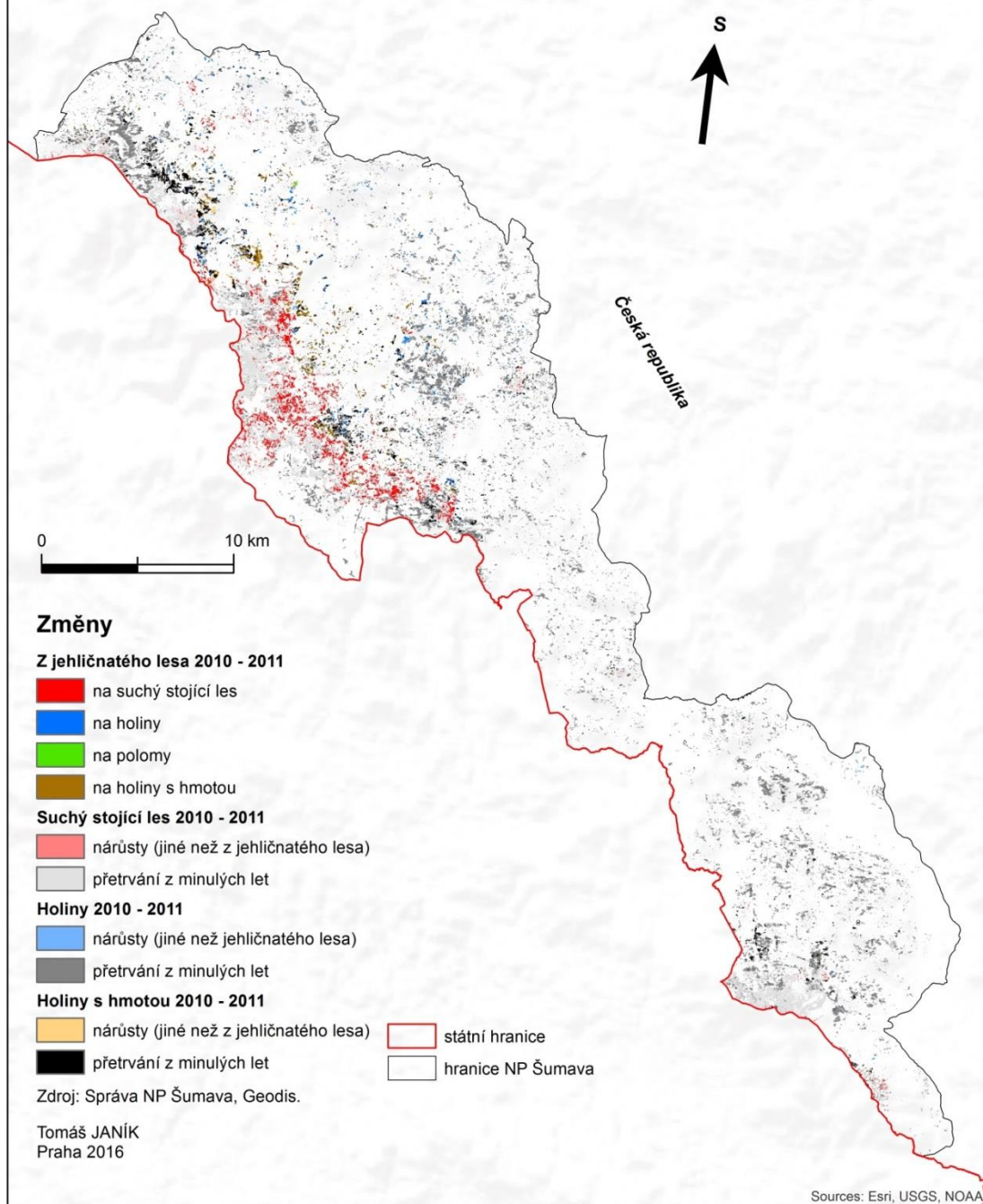
ZMĚNY V KRAJINNÉM POKRYVU 2009 - 2010

na území NP Šumava



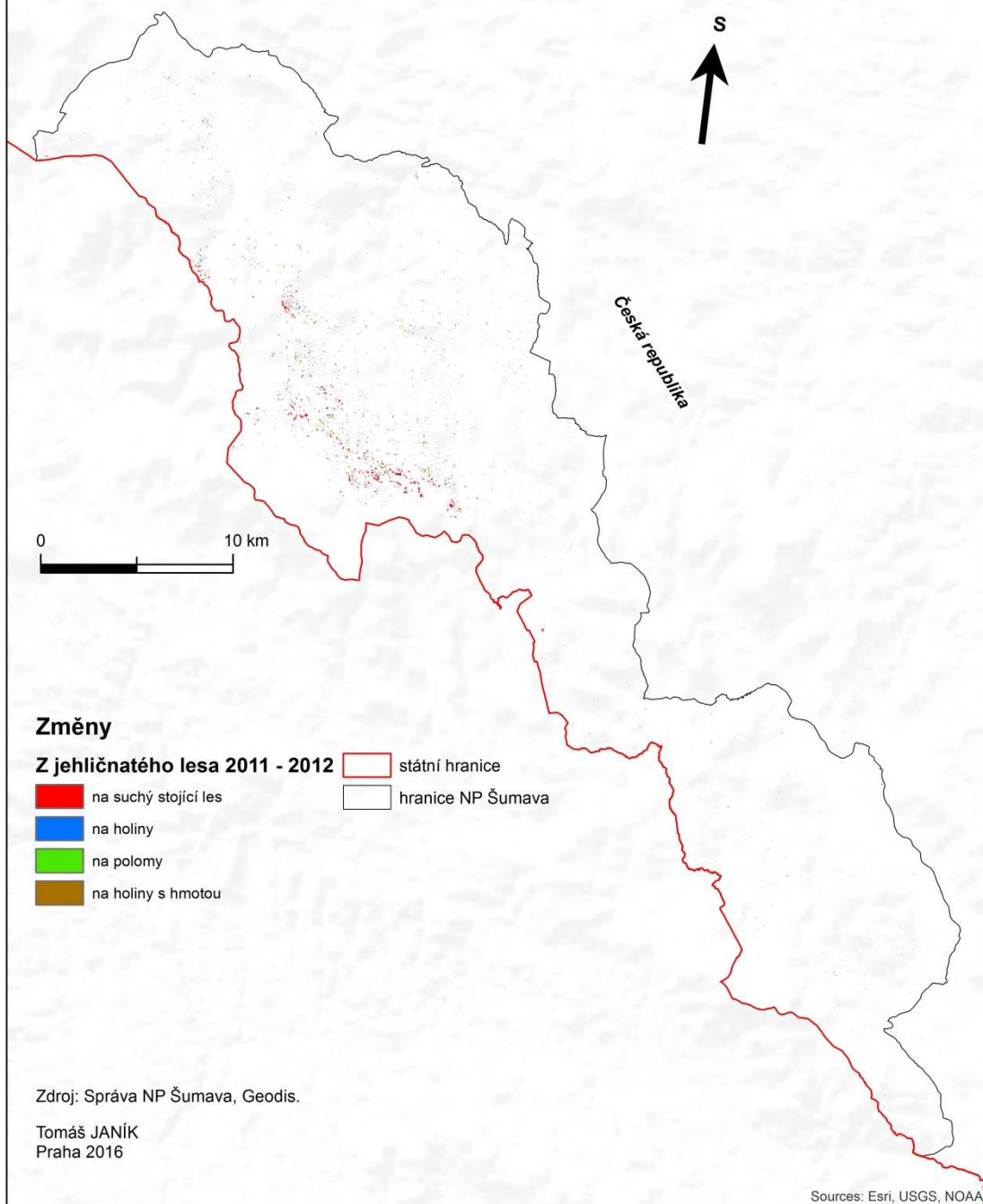
ZMĚNY V KRAJINNÉM POKRYVU 2010 - 2011

na území NP Šumava

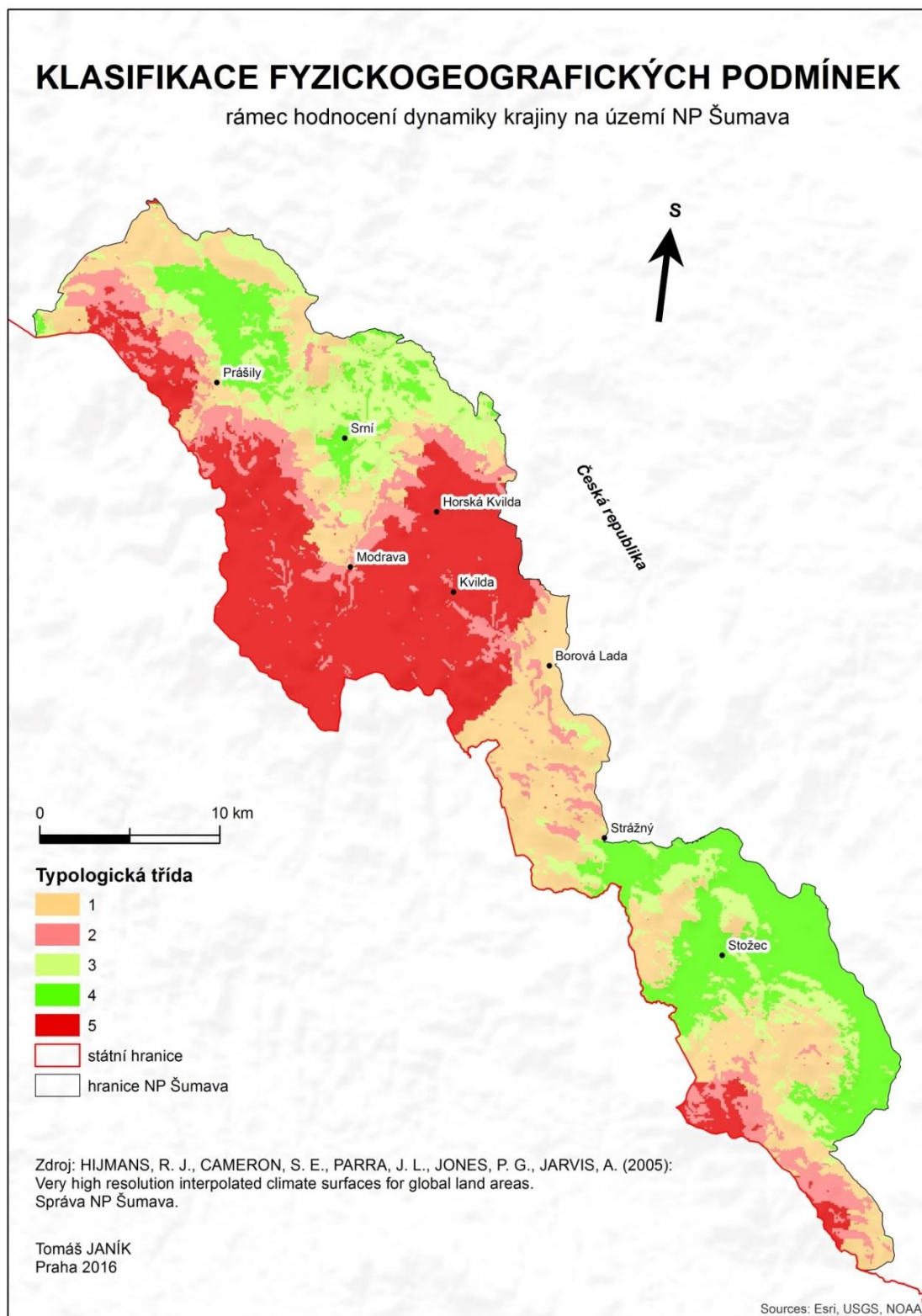


ZMĚNY V KRAJINNÉM POKRYVU 2011 - 2012

na území NP Šumava

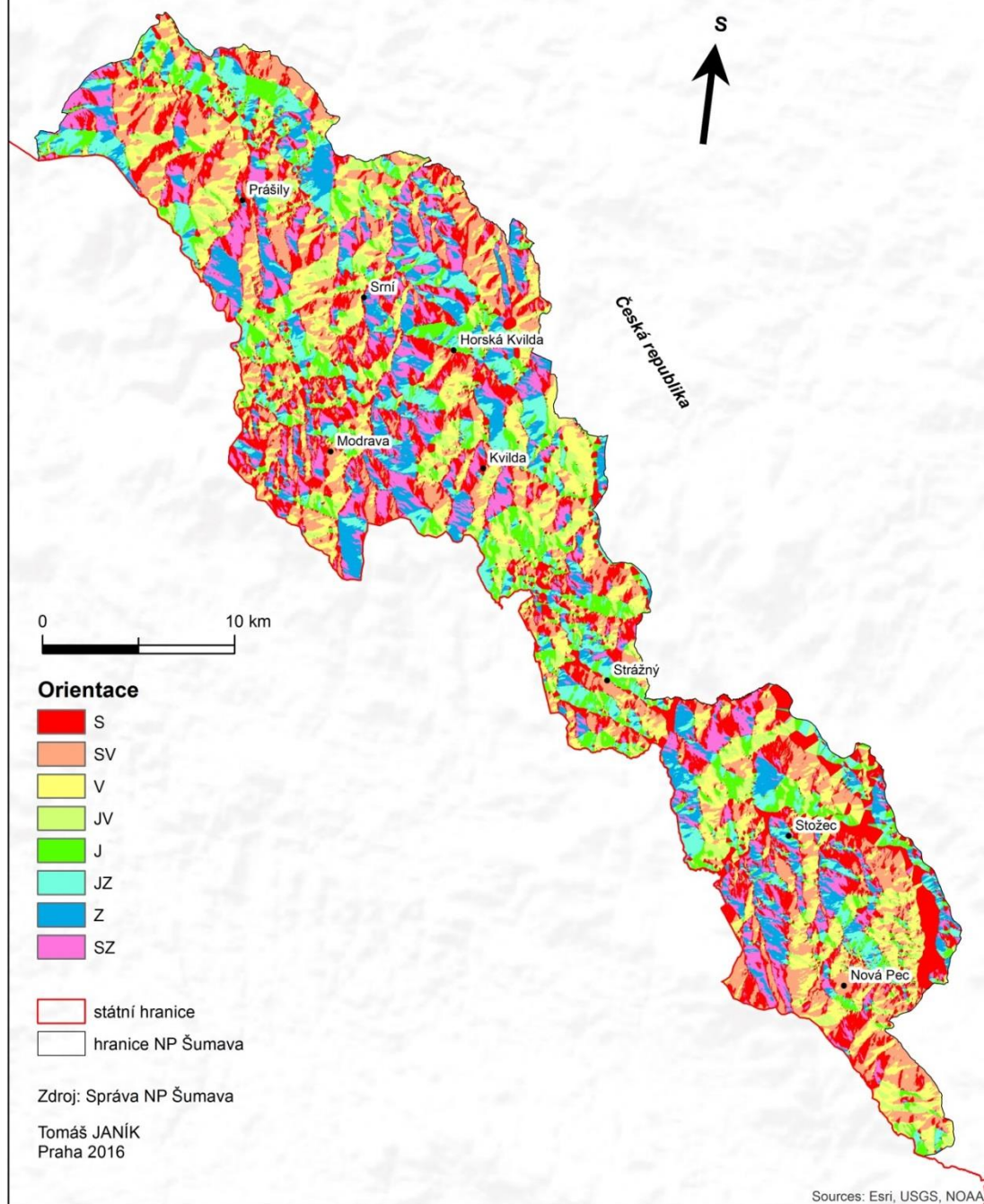


8.3 Prostorové rámce pro hodnocení změn krajinného pokryvu NP Šumava 2006 – 2012



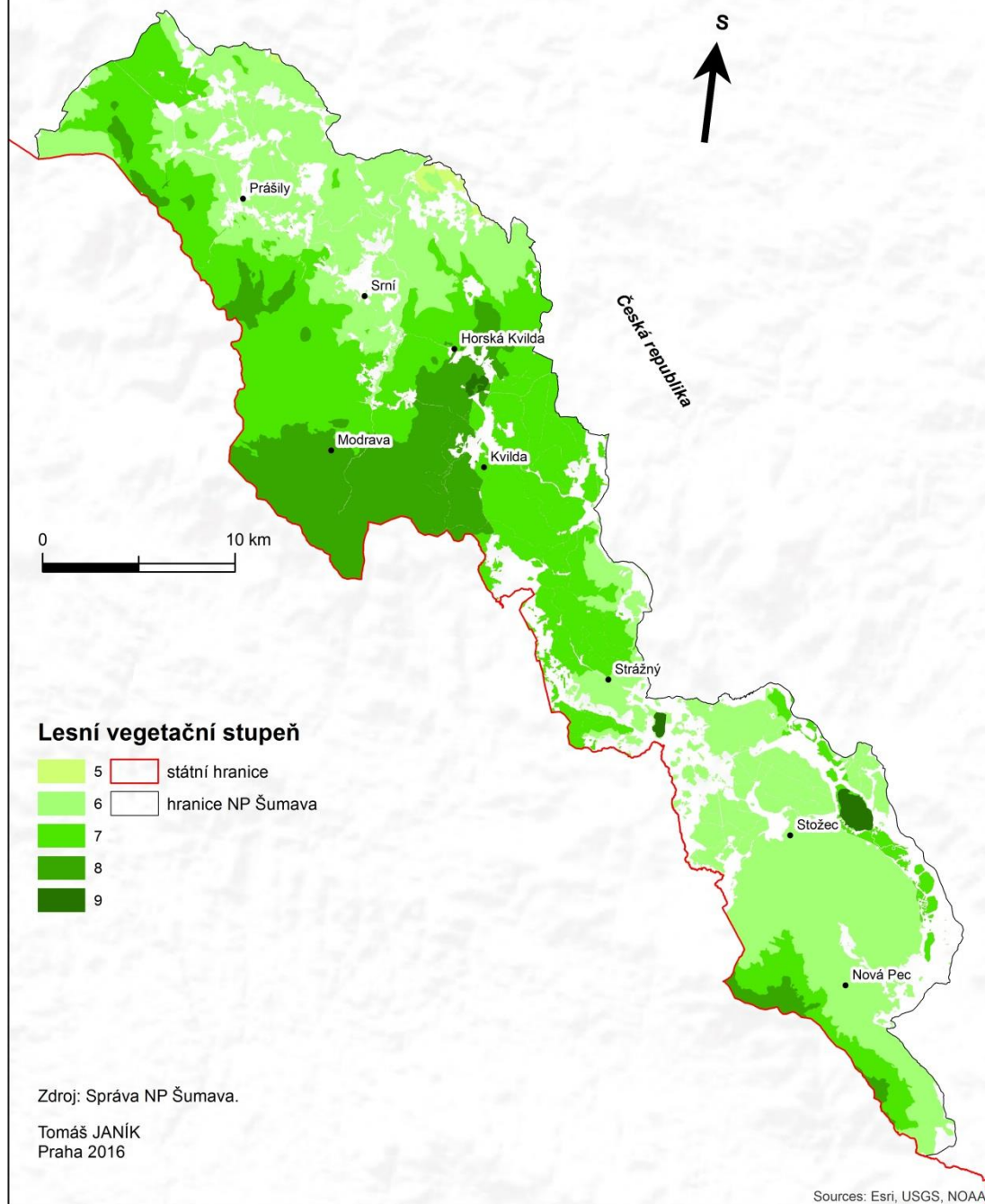
ORIENTACE SVAHŮ

rámec hodnocení dynamiky krajiny na území NP Šumava



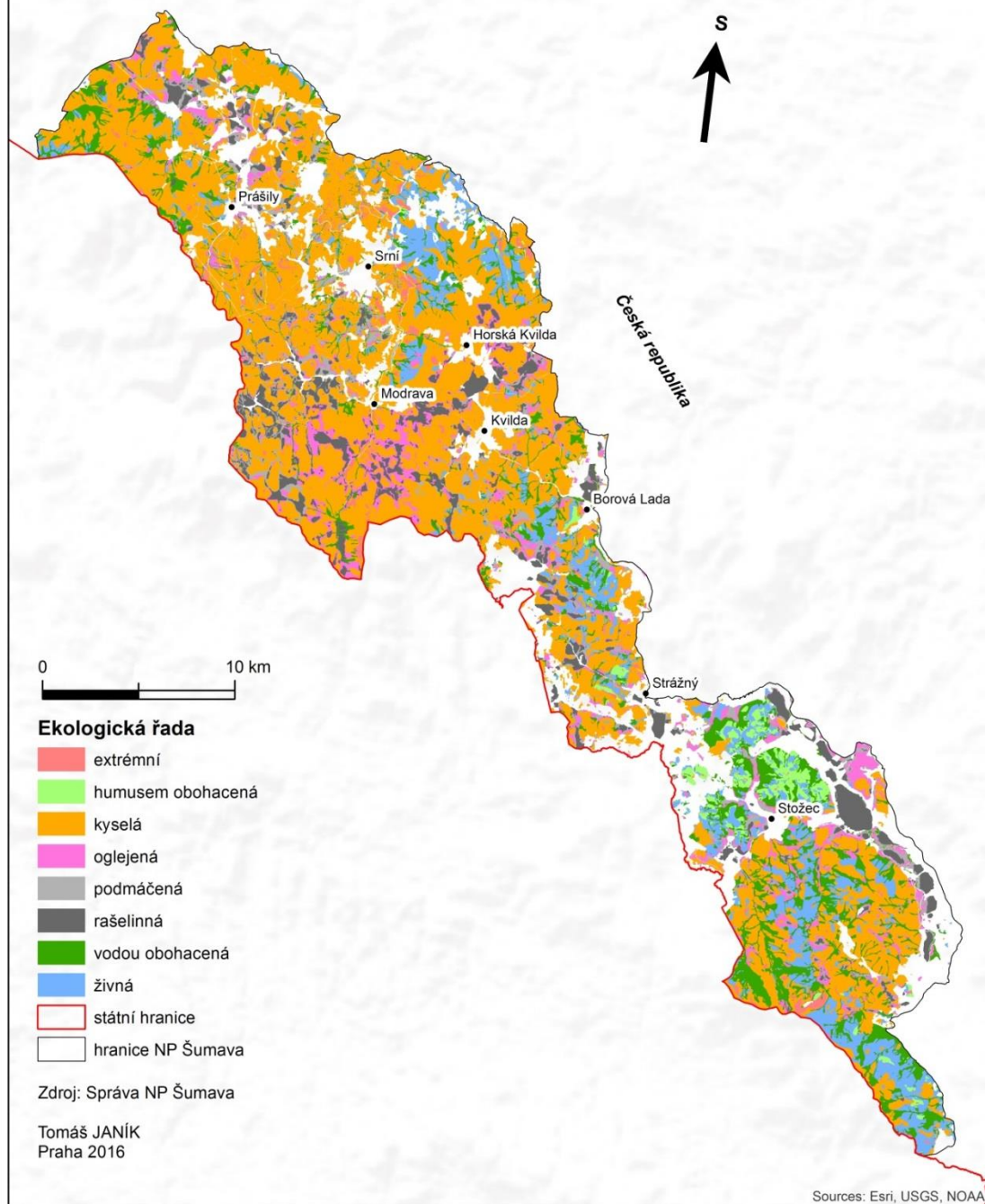
LESNÍ VEGETAČNÍ STUPNĚ

rámec hodnocení dynamiky krajiny na území NP Šumava



EKOLOGICKÉ ŘADY LESNICKÉ TYPOLOGIE

rámec hodnocení dynamiky krajiny na území NP Šumava



BEZZÁSADOVÁ ÚZEMÍ

rámec hodnocení dynamiky krajiny na území NP Šumava

